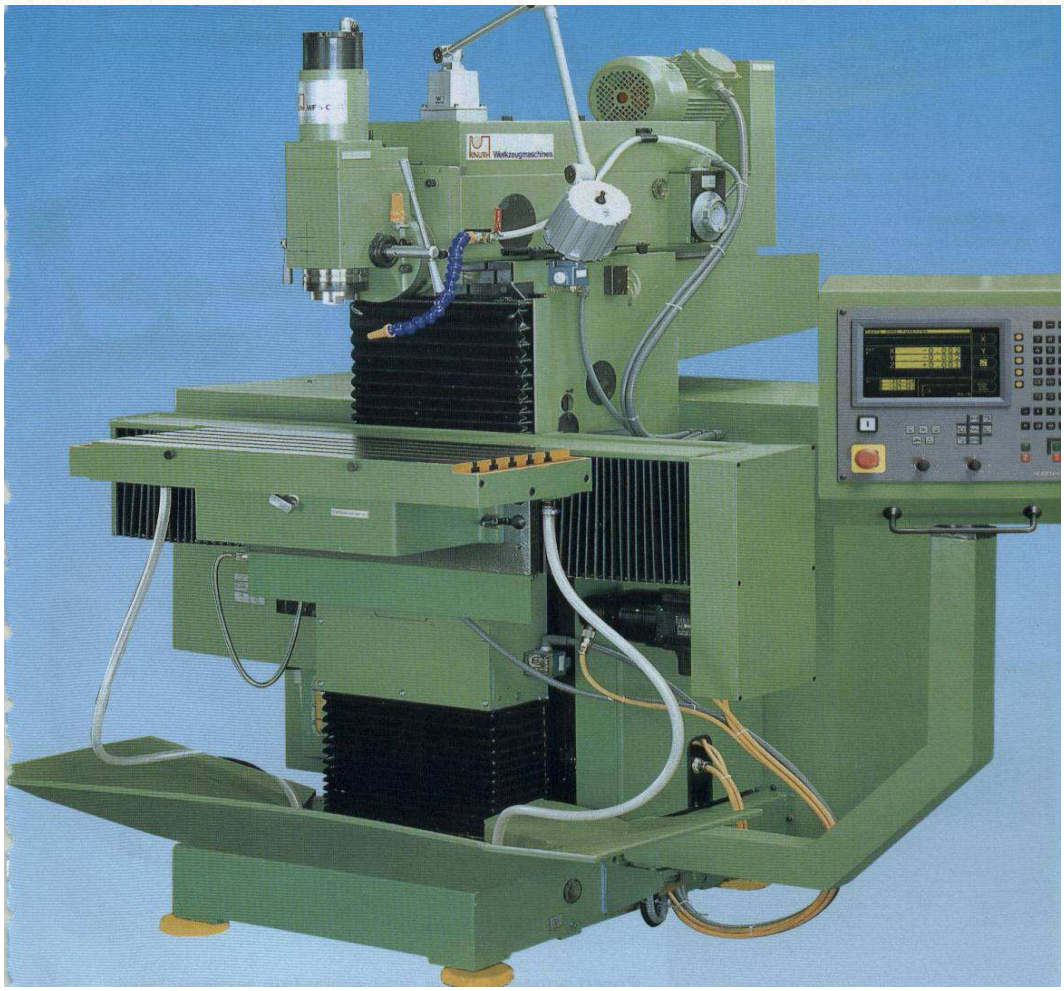
ZDRAVKO BLAŽEVIĆ

PROGRAMIRANJE

CNC TOKARILICE I GLODALICE



Predgovor

U ovoj knjizi nastojao sam na jedan jednostavan i razumnjiv način upoznati, prije svega učenike i ostale zainteresirane korisnike sa tehnologijom programiranja i rada sa numerički upravljanim alatnim strojevima (CNC strojevi). Kako kod nas nema odgovarajuće literature koja detaljnije obrađuje ovu problematiku ovakva knjiga je neophodna, tim više što su deseci škola u Republici Hrvatskoj, zahvaljujući Ministarstvu prosvjete i športa, ove godine opremljeni školskim CNC tokarilicama i glodalicama.

Svijestan sam i nekih manjkavosti udžbenika i nedorečenostima zbog obimne građe ali isto tako i to da udžbenik daje jedan cjelovit pristup i osnovne upute i saznanja o tehnologiji programiranja CNC strojeva i izradi odgovarajuće dokumentacije sa razrađenim primjerima obrade.

Veliku pomoć dugujem kolegi, dipl. inž. strojarstva, gosp. Ivi Sladeu iz Tehničke škole «Tesla» iz Zagreba koji je napravio divovski dio posla obradivši funkcije programiranja u svojoj skripti koju je napravio za potrebe tečaja iz CNC programiranja strojeva, a koje sam podatke djelomično koristio, pri čemu mu se iskreno zahvaljujem.

Knjiga je podjeljena u pet cjelina a gradivo sam sistematizirao prema temama iz priručnika proizvođača školskih CNC strojeva, austrijse tvrtke EMCO – Software Description – EMCO WinNC – Sinumerik 810D/840D Turning(Milling).

U prvom dijelu dao sam kratki pregled osnova programiranja, kao što su kratki povijesni podaci, karakteristike CNC strojeva, koordinatni sustav CNC strojeva kao i podaci o karakterističnim nul točkama stroja i korištenim alatima.

U drugom dijelu detaljnije je opisana upravljačka jedinica stroja kao i prateći softwer.

U trećem i četvrtom dijelu opisane su školske tokarilice EMCO Turn 55 i EMCO MILL55 sa odgovarajućim funkcijama programiranja koje prate odgovarajuće vježbe.

Vježbe su koncipirane tako da je dat zadatak (tehnički crtež izratka) i osnovna uputa za ispis programa sa predloženim planom rezanja a učenici sami pišu program u predviđen obrazac i vrše simulaciju. Svi crteži napravljeni su u AutoCAD-u.
U zadnjem poglavlju nalaze se odgovarajuće tablice i dijagrami za izbor pravilnih režima rada (brzina rezanja, broj okretaja , posmak,dubina rezanja) te detaljno razrađeni primjeri izrade za tokarilicu i glodalicu sa pratećom dokumentacijom, te neki ponuđeni primjeri za vježbu koje mogu razraditi sami učenici.
Knjiga je namijenjena prije svega učenicima tehničkih škola strojarskog usmjerenja (Računalni tehničar i dr.) kao i svima onima koji se bave programiranjem CNC strojeva u raznim tvrtkama. Ovdje se obrađuju školski CNC strojevi ali tehnologija programiranja je ista i za velike produktivne strojeve.
Za svaku korisnu sugestiju u poboljšanje ove knjige srdačno se zahvaljujem.

U Virovitici, rujan 2004. Autor

SADRŽAJ

1. OSNOVE PROGRAMIRANJA

1.1. Kratki povijesni razvoj CNC strojeva i karakteristike
1.1.1. Razlika između konvencionalnih (klasičnih) i CNC strojeva
1.1.2. Karakteristike CNC strojeva
1.2. Dijagram toka programiranja
1.3. Programiranje CNC strojeva
1.4. Referentne točke CNC strojeva
1.4.1. Referentne točke EMCO tokarilice
1.4.2. Referentne točke EMCO glodalice
1.5. Koordinatni sustav CNC strojeva
1.5.1. Pravilo desne ruke
1.6. Apsolutni i inkrementalni koordinatni sustav
1.7. Pomak nul točke
1.8. Alati kod CNC strojeva
1.8.1. Alati kod CNC tokarilice
1.8.2. Položaj vrha oštrice alata i primjeri primjene
1.8.3. Alati kod CNC glodalice
1.8.4. Sustav montaže alata u držač

2. UPRAVLJAČKA JEDINICA STROJA I PRIKAZ SOFTWERA

2.1. Adresno-numerička upravljačka jedinica

2.2. Strojno – upravljačka jedinica
2.3. Horizontalno – funkcijska tipkovnica
2.4. PC tipkovnica NC stroja
2.5. Osnovni prozor Sinumerik 840 D Turn (Mill)
2.6. Radna područja Sinumerik 810D/840 D
2.6.1. Radno područje MACHINE
2.6.1.1. JOG mod
2.6.1.2. MDA mod
2.6.1.3. AUTOMATIC mod
2.7. Radno područje PARAMETAR
2.7.1. Podaci o alatima (Tool data)
2.7.2. R parametri (R parameter)
2.7.3. Postavljanje podataka (Setting data)
2.7.4. Postavljanje nul točaka (Zero offset)
2.8. Radno područje PROGRAM
2.8.1. Workpiaces
2.8.2. Partprograms
2.8.3. Subprograms (potprogrami)
2.8.4. Standard cycles (standardni ciklusi)
2.8.5. User cycles (korisnički ciklusi)
2.8.6. Clipboard (međuspremnik)
2.9. Radno područje SERVICES
2.9.1. Učitavanje podataka (Read in data)
2.9.2. Slanje podataka (Send data)
2.9.3. Kopiranje podataka iz međuspremnika
2.10. Radno područje DIAGNOSIS

3. PROGRAMIRANJE TOKARILICE

3.1. Karakteristike CNC školske tokarilice EMCO Turn55
3.2. Režimi rada tokarilice
3.3. Struktura programa Sinumerik 840 D
3.4. Osnovne naredbe kod programiranja

3.4.1. Popis glavnih funkcija G
3.4.2. Popis pomoćnih funkcija M
3.4.3. Popis funkcija ciklusa
3.5. Linearna gibanja G0, G1
3.5.1. vježba 1. Linearna gibanja
3.6. Ciklus za uzdužno (poprečno) tokarenje
3.7. Kružna gibanja G02, G03
3.7.1. Programiranje početnom točkom, krajnjom točkom i radijusom
3.7.2. Programiranje početnom točkom, krajnjom točkom i središtem
3.7.3. Programiranje početnom točkom, krajnjom točkom i kutom luka
3.7.4. Programiranje početnom točkom, međutočkom i krajnjom točkom
3.7.5. Neki primjeri kružnog programiranja
3.7.6. vježba 2. Kružna gibanja
3.8. Kompenzacija polumjerom alata G40, G41, G42
3.8.1. vježba 3. G41/G42

3.9. Tokarenje navoja
3.9.1. Narezivanje navoja G33
3.9.2. Urezivanje navoja sa kompenzacijom stezne glave
3.9.3. Urezivanje navoja bez kompenzacije stezne glave
3.10. Kratki pregled ostalih naredbi
3.10.1. Vrijeme čekanja G4
3.10.2. G25- G26
3.10.3. G95 – G96 – konstantna brzina rezanja
3.10.4. G110-112 – polarne koordinate
3.10.5. Norm - Kont
3.11. Okviri (oblici) – FRAMES
3.11.1. Trans – Atrans
3.11.2. Rot –Arot
3.11.3. Scale – Ascale
3.11.4. Mirror - Amirror
3.12. Funkcije ciklusa
3.12.1. Ciklusi za tokarenje
3.12.1.1. Groove – Ciklus 93
3.12.1.2. vježba 4. Ciklus izrade utora – Groove
3.12.1.3. Undercut – Ciklus za podrezivanje G 94
3.12.1.4. Ciklus podrezivanja za navoj G 96
3.12.1.5. Stock removal – Ciklus konturnog tokarenja Cycle95
3.12.1.5.1. vježba 5. Stock removal
3.12.1.6. Ciklus tokarenja navoja Cycle97
3.12.1.7. Tokarenje niza navoja Cycle98
3.12.1.8. vježba 6. Tokarenje navoja
3.12.2. Ciklusi bušenja
3.12.2.1. Driling centering – Cilus 81
3.12.2.2. Center driling – Ciklus 82
3.12.2.3. Deep hole driling – Ciklus 83
3.12.2.4. Ciklus 83E
3.13. Ciklus za izradu navoja – Thread
3.13.1. Ciklus 840
3.13.2. Ciklus 84
3.14. Simulacija programa
3.14.1. Verikalne funkcijske tipke
3.14.2. Horizontalne funkcijske tipke
3.15. Potprogram
3.15.1. vježba br. 7. Izrada potprograma
3.16. Programiranje slobodnih kontura
3.17. Korekcija – mjerenje alata
3.17.1. Grubi prikaz unošenja korekcija
3.17.2. Mjerenje alata
3.17.2.1. Metoda dodira (Stratch method)
3.17.2.2. Optička metoda mjerenja
3.18. Puštanje stroja u rad

4. PROGRAMIRANJE GLODALICE

4.1. Karakteristike školske CNC glodalice EMCO Mill55

4.2.1. Popis glavnih funkcija G
4.2.2. Popis pomoćnih funkcija M
4.2.3. Popis ciklusa
4.3. Linearna gibanja G0, G1
4.3.1. vježba 1.Linearna gibanja
4.4. Kružna gibanja G02, G03
4.4.1. vježba 2. Kružna gibanja
4.5. Simulacija izrade
4.6. Kratki pregled nekih naredbi
4.6.1. Izbor radnih površina i sustava
4.6.2. Apsolutni koordinatni sustav G90
4.6.3. Inkrementalni koordinatni sustav
4.6.4. Odabir pomaka G94, G95
4.6.5. Programiranje granica radnog prostora
4.6.6. Vrijeme čekanja G4
4.6.7. Narezivanje navoja G33
4.6.8. Urezivanje navoja G63
4.6.9. Kompenzacija radijusa alata G40, G41, G42
4.6.10. Polarne koordinate G110, G111, G112
4.6.11. Norm/Kont
4.6.12. vježba br.3. Korekcija polumjerom alata
4.7. NC Frames – okviri (oblici)
4.7.1. Trans – Atrans
4.7.2. Rot – Arot
4.7.3. Scale – Ascale
4.7.4. Mirror – Amirror
4.8. CIKLUSI
4.8.1. Ciklusi za bušenje
4.8.1.1. Ciklus 81
4.8.1.2. Ciklus 82
4.8.1.3. Ciklus 83
4.8.1.4. Bušenje (razvrtanje)
4.8.1.5. Šablone za izradu navoja (Hole pattern)
4.8.1.6. vježba br. 4. Ciklusi bušenja
4.9. Ciklusi za glodanje
4.9.1. Face milling – Ciklus 71
4.9.2. Contour milling – Ciklus 72
4.9.3. Rectangular pocket – Pravokutni džep
4.9.4. Circular pocket . Kružni džep
4.9.5. Milling pattern – Šablone glodanja
4.9.5.1. Slots on a circle – Utori na kružnici
4.9.5.2. Circumferential slots – Utori po obodnici
4.9.5.3. Elongated holes – Produljeni utori
4.9.5.4. Pocket 1 – Kvadratni džep
4.9.5.5. Pocket 2 – Kružni džep
4.10. Ciklusi za izradu navoja
4.10.1. Ciklus 840
4.10.2. Ciklus 84 – rigid taping
4.10.3. Ciklus 90 – Thread milling
4.10.4. vježba br. 5. Ciklusi glodanja

4.11. Potprogrami
4.11.1. vježba br. 6. – Izrada potprograma
4.12. Programiranje slobodnih kontura
4.13. Mjerenje i korekcija alata kod glodanja
4.13.1. Redoslijed mjerenja alata
4.14. Rad na stroju

5. DODATAK

5.1. Pronalaženje broja okretaja
5.2. Pronalaženje brzine rezanja
5.3. Određivanje broja okretaja kod glodanja i bušenja
5.4. Određivanje dubine rezanja i posmaka kod glodanja i bušenja
5.5. Određivanje posmaka kod bušenja
5.6. Tablica režima rada kod tokarenja
5.7. Tablica režima rada kod glodanja
5.8. Tablica standardnih metričkih navoja
5.9. Dokumentacija programiranja
5.9.1. Operacijski list
5.9.2. Plan stezanja i alata
5.9.3. Plan rezanja
5.9.4. Ispis programa
5.10. Primjer izrade kod tokarenja (EMCO)
5.11. Primjer izrade kod glodanja (EMCO)
5.12. Primjer izrade tehničke dokumentacije za tokarenje
5.13. Primjer izrade tehničke dokumentacije za glodanje
5.14. Primjeri izrade za tokarenje
5.15. Primjeri izrade za glodanje

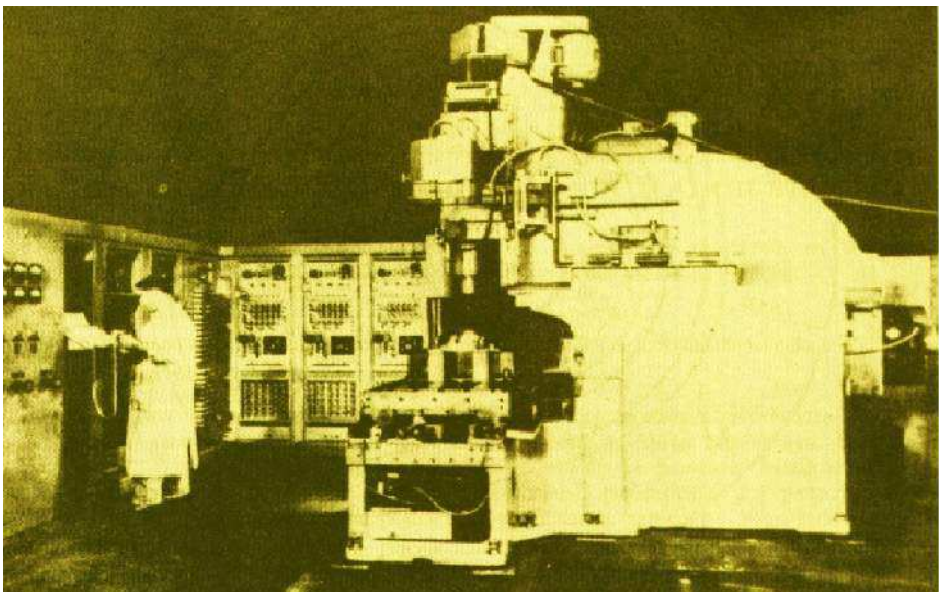
6. ZAKLJUČAK

7. LITERATURA

OSNOVE PROGRAMIRANJA

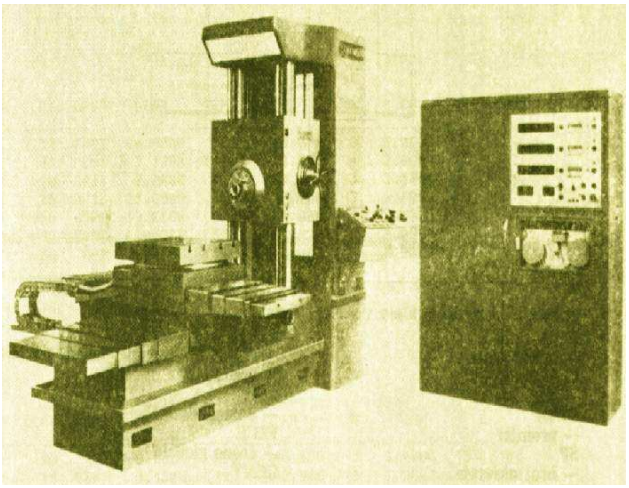
1.1. KRATKI POVIJESNI RAZVOJ CNC STROJEVA I KARAKTERISTIKE

Prvi numerički upravljani alatni stroj napravljen je u Americi početkom 50.-tih godina uz pomoć znanstvenika MIT-a (Massatussets Institut of Technology).
Novina stroja je bilo uvođenje «elektroničkog» upravljanja pomoću tzv. UPRAVLJAČKE JEDINICE u koju se program unosio preko bušene papirne vrpce.
Tadašnja upravljačka jedinica je bila veća od samog stroja.
U odnosu na konvencionalne strojeve značajna je promjena bila uvođenje zasebnih istosmjernih motora za pogon glavnog vretena i suporta.

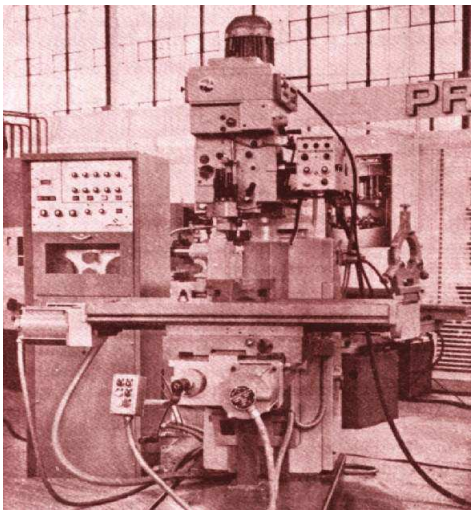


Slika 1. Prvi NC stroj

U našoj zemlji tvornica «PRVOMAJSKA» iz Zagreba je prva nabavila numerički upravljanu konzolnu glodalicu 1969. (SHARMANN FB100 s upravljačkom jedinicom DEKAMAT), a sama je počela serijski proizvoditi numerički upravljane strojeve od 1978. godine (na slici 3. je prva izložena glodalica G 301 NC na zagrebačkom velesajmu 1971 god.)



Sl. 2. Prva naša glodalica iz 1969.god.



Sl. 3. Prva napravljena NC glodalica

Osnova je numeričkog upravljanja, upravljanje strojem pomoću unaprijed definiranog programa.

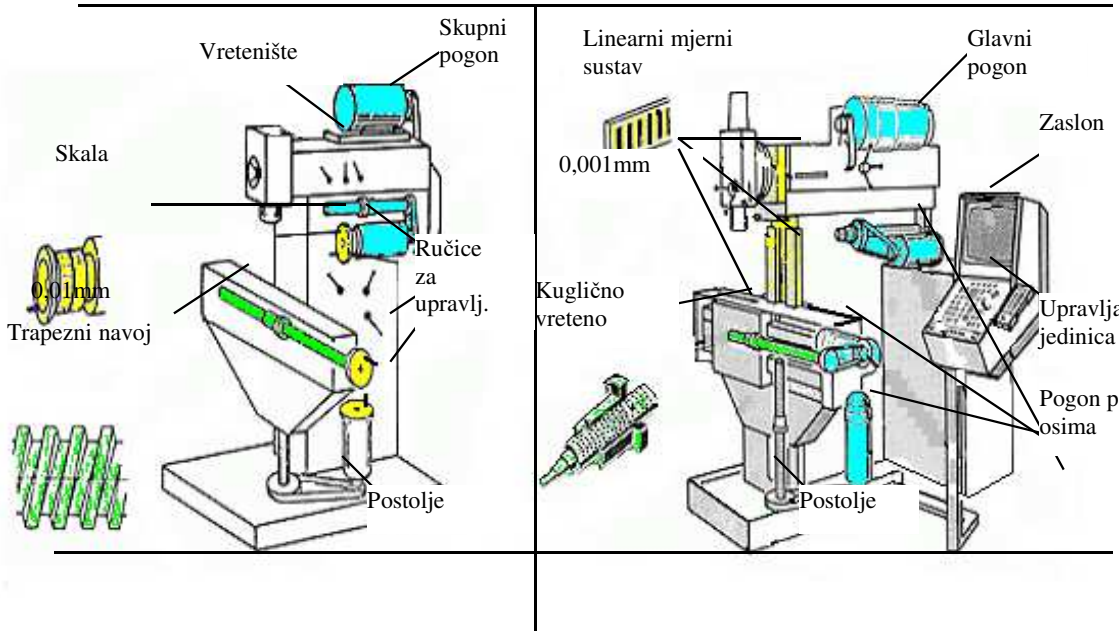
PROGRAM je skup šifriranih geometrijsko-tehnološko-funkcionalnih naredbi kojima se putem različitih fizičkih medija (papirna vrpca, kaseta, disketa) daju upravljačkoj jedinici numerički upravljanog stroja unaprijed zamišljene radnje.

Prve upravljačke jedinice bile su bez kompjutora i nosile su naziv NC upravljačke jedinice (Numerical Control), a budući da se program sastojao od brojaka i slova, otuda naziv Numeričko upravljanje.

Današnje upravljačke jedinice građene su na principu korištenja mikroprocesora, tj. malog elektroničkog računala koje se može programirati i time ostvariti proces numeričkog upravljanja. Zbog toga se takove upravljačke jedinice zovu CNC (Computer Numerical Control) upravljačke jedinice.

Razlika između konvencionalnih (klasičnih) alatnih strojeva i CNC strojeva

KLASIČNI STROJ	CNC STROJ



Sl. 4. Razlike između klasičnih i CNC strojeva

Kao što se na slici vidi osnovne razlike između ovih strojeva su u slijedećem:

- **Pogon stroja** – kod klasičnih strojeva radi se o skupnom pogonu tj. jedan motor pogoni i glavno vreteno i ostala gibanja radnog stola, dok kod CNC strojeva postoji jedan glavni motor za pogon glavnog vretena a gibanje po osima ostvaruju posebni istosmjerni motori.
- **Upravljanje stroja** – izvodi se kod klasičnih strojeva ručno ili strojno preko ručica za upravljanje dok CNC strojevi imaju upravljačku jedinicu (tastatura i ekran) i rade automatski preko programa.
- **Mjerni sustav stroja** – sastoji se od skale sa nonijusom (klasični stroj) ili preciznijeg linearnog sustava mjerenja (CNC stroj).
- **Pomak radnog stola** – ostvaruje se trapeznim navojem ili kugličnim navojnim vretenom (CNC stroj).

Nivoi upravljanja

- upravljanje po točki (istovremeno kretanje samo po jednoj osi – npr. operacija bušenja)
- upravljanje po krivulji u ravnini (istovremeno kretanje po dvjema osima)
- upravljanje po prostornoj krivulji (istovremeno kretanje po najmanje 3 osi – npr. prostorno zakrivljene plohe – npr. lopatice turbine)

Karakteristike CNC strojeva

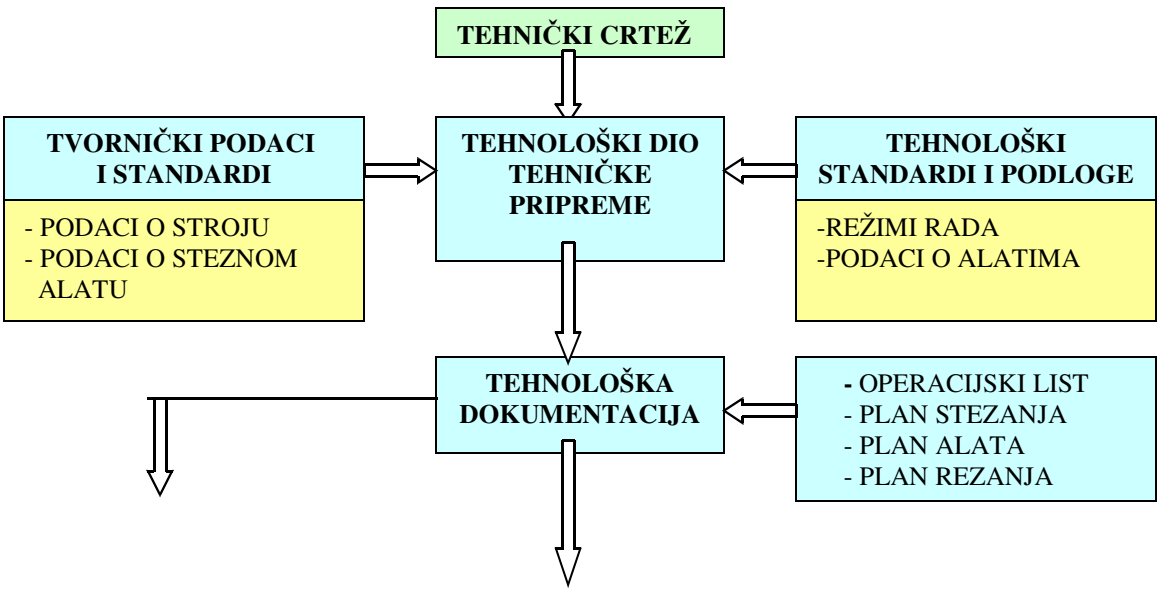
- mogućnost obrade najsloženijih strojnih dijelova
- visoka produktivnost
- velika brzina rada zbog povećanih režima rada
- robusnija konstrukcija stroja
- bolje vođenje (npr. kuglično navojno vreteno), što rezultira većom preciznošću (0.001mm)

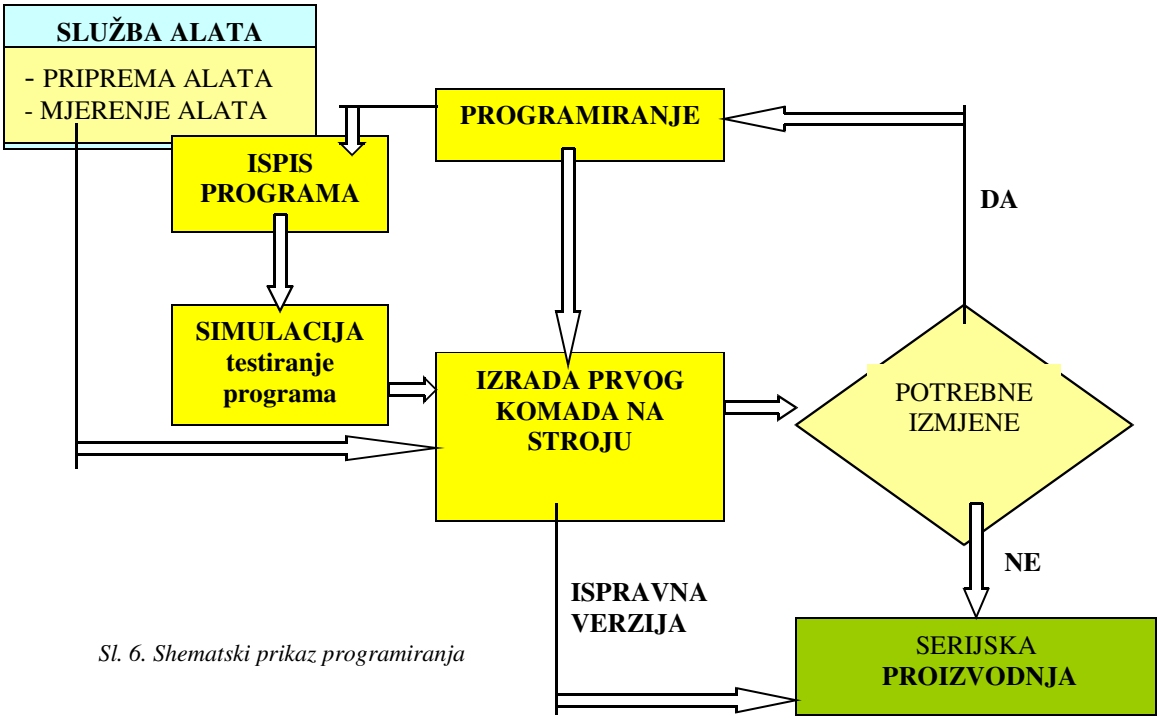
- obilno podmazivanje i hlađenje alata (do 100 l/min i više) čime se produžuje vijek trajanja alata
- korištenje najkvalitetnijih alata sa reznim oštricama od tvrdih metala i keramike

Najnoviji strojevi su tzv. OBRADNI CENTRI koji obrađuju radne predmete veoma složene geometrije s visokim stupnjem točnosti. Ovi strojevi omogućuju kompletnu obradu radnog predmeta uz automatsku izmjenu alata (magazin sa mehaničkom rukom za izmjenu alata). Radni predmet ima mogućnost zakretanja i pomicanja u više smjerova.
Povezivanje više CNC strojeva čini tzv. FLEKSIBILNI OBRADNI CENTAR – sadrži nekoliko obradnih centara povezanih sistemom transporta.
Najnovije dostignuće je povezivanje niza fleksibilnih obradnih centara koje poslužuju roboti. To su «tvornice bez ljudi» potpuno automatizirane u kojima se postiže najveća produktivnost.

Sl. 5. Obradni centar

1.2. SHEMATSKI PRIKAZ PROGRAMIRANJA





Sl. 6. Shematski prikaz programiranja

Iz slike vidimo da samom programiranju prethodi odgovarajuća priprema koja se sastoji od izrade tehnološke dokumentacije u tehničkoj pripremi. Pri tome moramo prikupiti podatke o steznim i reznim alatima, stroju i režimima rada. Programiranje i sam ispis programa slijedi nakon što se izradi plan rezanja, koji je najvažnija tehnološka dokumentacija. Prije same izrade prvog komada na stroju vrši se simulacija programa.

Nakon što se izradi prvi komad na stroju i nakon eventualnih korekcija programa pristupa se serijskoj proizvodnji. Veoma važnu ulogu ima služba pripreme alata koja prema tehnologiji postavlja odgovarajuće alate u revolversku glavu i vrši izmjere i podešavanje alata.

1.3. PROGRAMIRANJE CNC STROJEVA

Proces izrade dijelova na CNC (hr. NUAS - numerički upravljani alatni strojevi), kako smo vidjeli na prethodnoj shemi, sastoji se od slijedećih aktivnosti:

1. razrada tehnologije i utvrđivanje redoslijeda zahvata, alata i režima rada
2. priprema alata
3. programiranje
4. priprema stroja
5. izrada prvog komada u seriji
6. serijska proizvodnja

Većina nabrojenih aktivnosti postoji i kod klasičnih alatnih strojeva, međutim ono što je svojstveno CNC strojevima to je **PROGRAMIRANJE.**

PROGRAMIRANJE JE POSTUPAK PISANJA PROGRAMA PREMA UNAPRIJED DEFINIRANOJ TEHNOLOGIJI, A MOŽE SE OBAVITI RUČNO ILI POMOĆU RAČUNALA.

RUČNO PROGRAMIRANJE podrazumijeva ispisivanje programa od strane tehnologa ručno, tj. piše se svaki redak programa prema definiranoj tehnologiji.

PROGRAMIRANJE POMOĆU RAČUNALA - podrazumijeva automatsko programiranje samog računala na osnovu izabranih parametara programera kao što su dimenzije sirovca, put alata, izbor alata, režima rada itd. u posebnim softwerima kao što su CATIA, MASTERCAM, SOLIDCAM i dr. Također je moguća simulacija programa i ispis samog programa u izabranim upravljačkim jedinicama. Ovime se skraćuje vrijeme i smanjuju troškovi izrade programa, te je brža izrada prvog komada na stroju.
U ovoj knjizi zabavit ćemo se samo ručnim programiranjem.

Programiranje podrazumijeva izradu slijedeće dokumentacije:

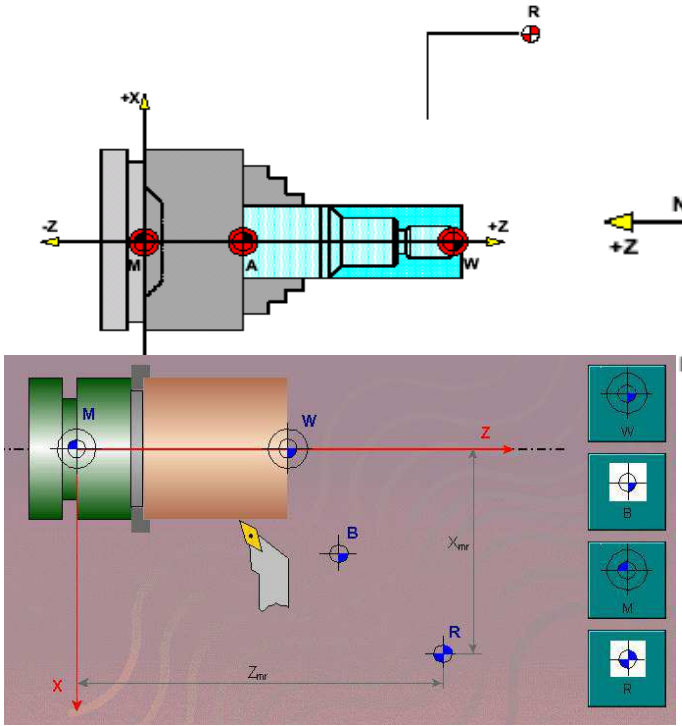
- **operacijski list** – sadrži redoslijed operacija radnog predmeta sa potrebnim režimima rada i vremenima izrade
- **plan alata za radni predmet** – sadrži popis svih korištenih alata za obradu prema redoslijedu korištenja, potrebne mjere, standarde režime i korekcije
- **plan stezanja** – obuhvaća osnovne gabarite radnog prostora, položaj radnog predmeta na stroju, točke oslanjanja predmeta i mjesto stezanja te položaj nulte točke
- **plan rezanja** – je glavni dokument za ispis programa na kojem su vidljive putanje kretanja alata za svaku operaciju. Prati se put kretanja vrha alata za od početka do kraja obrade.
- **Ispis programa** – ili kraće PROGRAM je zadnji i najvažniji dokument po kojem se unose naredbe za upravljanje strojem. Razrađeni program unosi se u programski list čiji mogući izgled prikazuje slika u prilogu skripte.

U programiranju nećemo izrađivati kompletnu dokumentaciju već samo onu bitnu za ispis programa – operacijski list i plan rezanja.
Mogući obrasci CNC programiranja nalaze se na kraju knjige u prilogu.

1.4. REFERENTNE TOČKE STROJA

Kod programiranja CNC strojeva potrebno je poznavati određene referentne, odnosno nul točke koje definiraju koordinatni sustav i sam alat.

1.4.1 Referentne točke CNC tokarilice

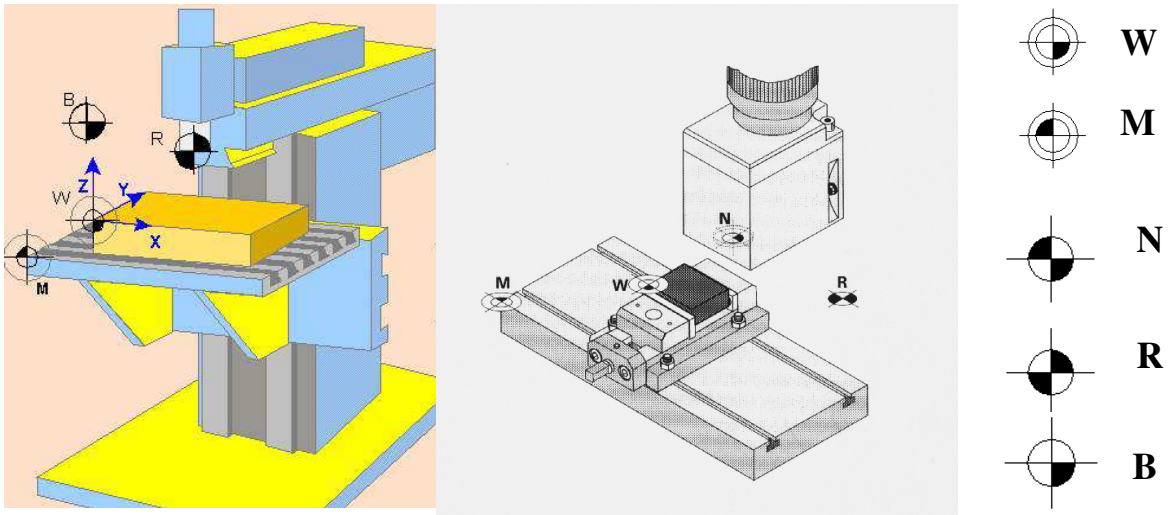


Sl. 7. Prikaz nul točaka kod CNC tokarilica

Kod školske CNC tokarilice TURN 55
prilaz alata je s donje (prednje) strane pa je koordinatni sustav i položaj referentnih točaka kao na slici.

Sl. 8. Nul točke tokarilice EMCO TURN 55

1.4.2 Referentne točke CNC glodalice



Sl. 9. Nul točke glodalice

W – **Nul točka izratka** *(Workpiece zero point)*
Točka vezana za izradak. Slobodno se mijenja prema potrebama konstrukcije ili izrade.
U ovoj točki je ishodište koordinatnog sustava koje je prebačeno iz točke M i ona olakšava programiranje.

M – **Strojna nul točka** *(Machine zero point)*
Pozicija ove točke se ne može mijenjati. Određena je od strane proizvođača CNC stroja. Ona je ishodište koordinatnog sustava i od nje se proračunavaju svi pomaci alata.

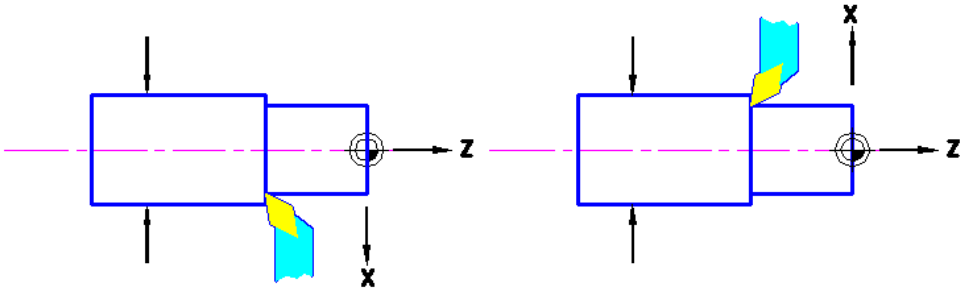
N – **Referentna točka alata** *(Tool mount reference point)*
Početna točka od koje se mjere svi alati. Leži na osi držača alata. Određena je od strane proizvođača i ne može se mijenjati.

R – **Referentna točka** *(Reference point)*
Točka u radnom području stroja koja je determinirana sa krajnjim prekidačima. Služi za kalibriranje mjernog sustava i u početku rada sa strojem moramo dovesti alat u točku R.

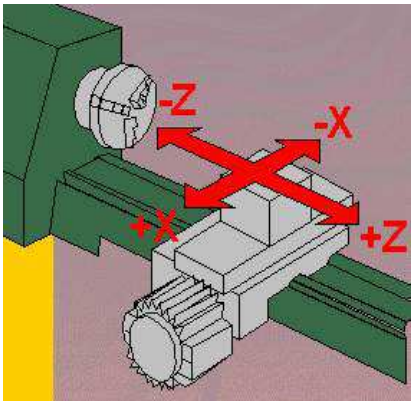
B - **Početna točka alata** *(Begin point*)
Od ove točke alat počinje sa obradom i u njoj se vrši izmjena alata. Ne mora biti neophodno definirana.

1.5. KOORDINATNI SUSTAV

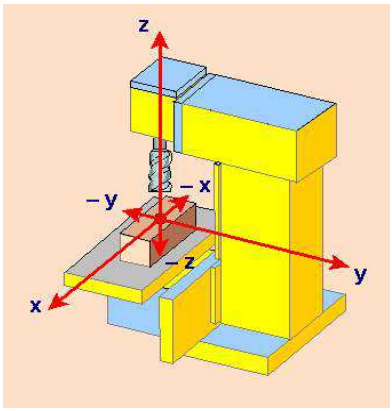
Kod CNC tokarilica koordinatni sustav je dvoosni, tj. u osi izratka nalazi se os Z a okomito na os izratka os X. Pozitivna os X može biti postavljena u jednom ili drugom smjeru što ovisi o položaju alata odnosno revolverske glave u odnosu na izradak (vidi sliku br. 10). Koordinate sa negativnim predznakom (-x, -y) označuju kretanje alata prema radnom predmetu, a pozitivni predznak znači odmicanje alata od radnog predmeta.
Kod CNC glodalica koordinatni sustav je troosni X,Y,Z (vidi sliku 12)
Napomena: Treba zapamtiti da se alat (suport) uvijek giba u predmet ili u smjeru predmeta ako je koordinata negativna. Razlog zašto je to tako leži u činjenici da ako se pri programiranju zaboravi negativan predznak, neće doći do sudara alata i predmeta, nego će se alat odmaknuti od predmeta.



Sl. 10. Koordinatni sustav CNC tokarilica



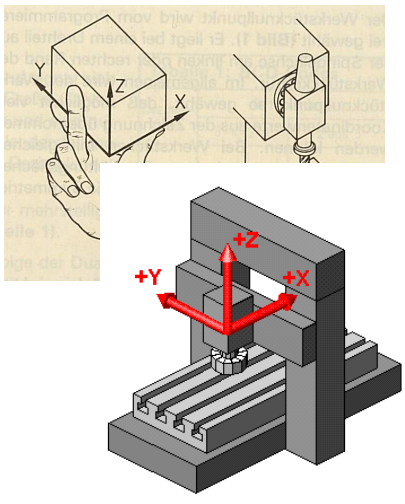
Sl.11. Koord. sustav za TURN 55



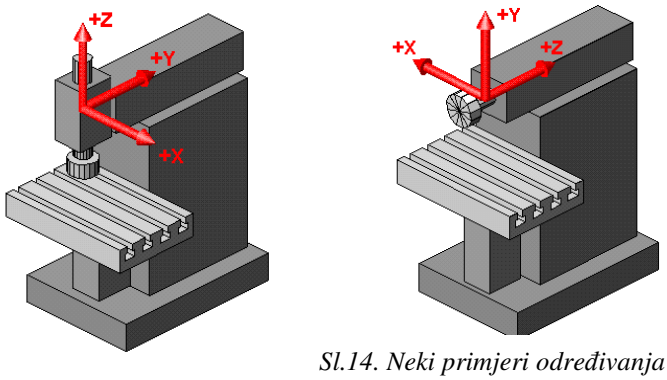
Sl. 12. Koord. sustav za MILL 55

1.5.1. Pravilo desne ruke

Određivanje pozitivnog pravca koordinatnog sustava slijedi položaj prstiju desne ruke, odnosno palac pokazuje u pozitivnom smjeru os X, kažiprst u pozitivnom smjeru osi Y, dok srednji prst pokazuje pozitivni smjer osi Z.



Sl.13. Pravilo desne ruke



Sl.14. Neki primjeri određivanja osi

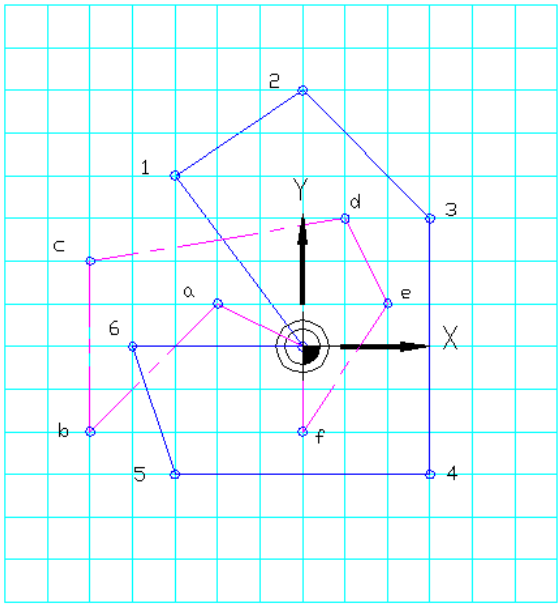
1.6. APSOLUTNI I INKREMENTALNI KOORDINATNI SUSTAV

U procesu programiranja upotrebljavaju se dva sustava mjerenja: APSOLUTNI I INKREMENTALNI.

APSOLUTNI KS ima jednu fiksnu nul točku u ishodištu (W), a koordinate pojedinih točaka znače udaljenost tih točaka od ishodišta po vrijednosti i predznaku.

Kod INKREMENTALNOG KS mjerenja, koordinate iduće točke se izražavaju u odnosu na prethodnu točku (increment – pomak) gdje se nalazi koordinatni sustav. Koordinatni sustav je dakle promjenjiv i nalazi se u početnoj točki odakle kreće gibanje.

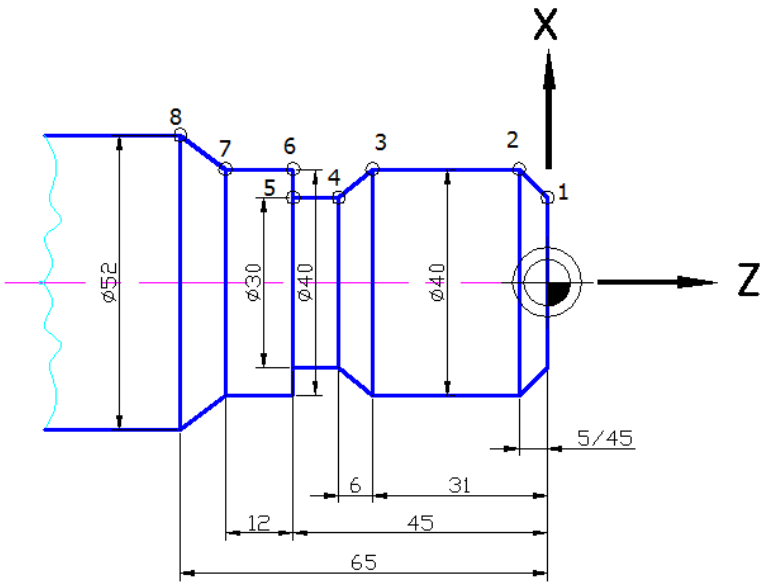
1.6.1. Izračunavanje koordinata u apsolutnom i inkrementalnom KS



APSOLUTNI KOORDINATNI SUSTAV			INKREMENTALNI KOORDINATNI SUSTAV		
TOČKA	X	Y	TOČKA	X	Y
1	-3	4	1	-3	4
2	0	6	2	3	2
3	3	3	3	3	-3
4	3	-3	4	0	-6
5	-3	-3	5	-6	0
6	-4	0	6	-1	3
7-W	0	0	7	4	0
				S0	S0
a					
b					
c					
d					
e					
f					

Sl. 15. Izračunavanje koordinata kod glodanja

Za vježbu izračunati koordinate za krivulju gibanja alata od a – f …



Sl. 16. Izračunavanje koordinata kod tokarenja

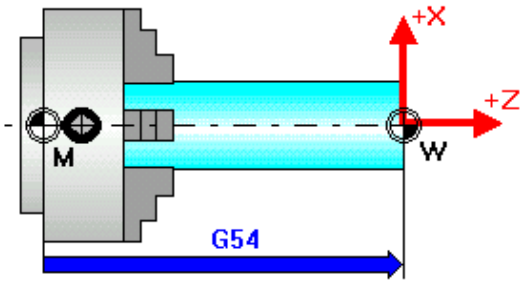
Uočimo da kod inkrementalnog sustava mjerenja zbroj koordinata točaka u jednom zatvorenom ciklusu jednak je nuli.
Oba prethodno navedena sustava mjerenja imaju svoje prednosti i nedostatke. Češće se koristi programiranje u apsolutnom koordinatnom sustavu, jer je lakše za shvatiti i manja je mogućnost pogrešaka. Ipak u nekim slučajevima se koristi i inkrementalni sustav kao npr. kod izrade potprograma o čemu će biti govora kasnije.

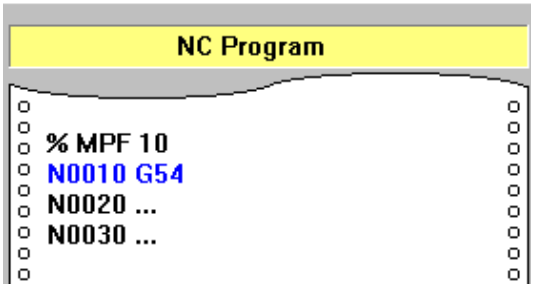
Kod izračunavanja koordinata za tokarenje, vrijednosti koordinata po osi X upisuju se u promjerima u apsolutnom koord. sustavu (tako je kotirano).
Ispuniti do kraja tablicu za vježbu!

APSOLUTNI KOORDINATNI SUSTAV			INKREMENTALNI KOORDINATNI SUSTAV		
TOČKA	X	Z	TOČKA	X	Z
1	30	0	1	15	0
2	40	-5	2	5	-5
3			3		
4			4	-5	-6
5			5		
6			6		
7			7		
8			8		

1.7. POMAK NUL TOČKE

Kod EMCO tokarilice strojna nul točka ***(M)*** leži u osi rotacije baze stezne glave (amerikanera). Kako ova točka nije pogodna kao početna točka rada, koordinatni sustav je moguće promijeniti i postaviti ga na drugu povoljniju točku u radnom prostoru NC stroja.
Kada se odredi npr. novi koordinatni sustav W na čelu izratka (vidi sliku) pozivom naredbe G54 upravljačka jedinica će automatski unijeti vrijednosti koordinata točke W, te se nul točka promijeni iz pozicije **M** *(strojne nul točke)* u **W** *(nul točku izratka)*.
Prva naredba u programiranju je upravo funkcija pomaka nul točke kojom se dakle premješta koordinatni sustav u povoljniju poziciju.

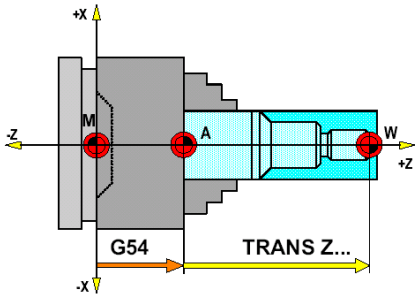


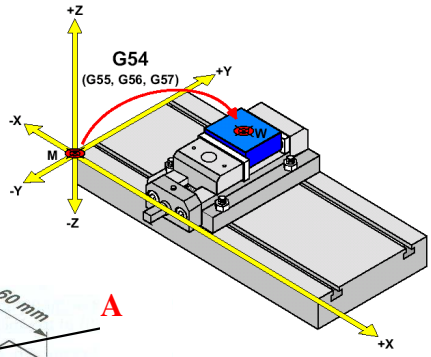


Sl.17. Pomak nul točke

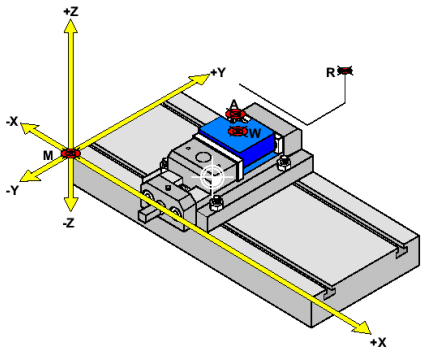
U praksi se obično kod tokarilica prvi pomak vrši funkcijom G54(G55-G57) na čelo amerikanera (A) a zatim drugim funkcijama G58-G59 ili funkcijom TRANS (ATRANS) na čelo obrađene površine izratka. Time se lako određuje položaj točke W mjerenjem dužine izratka.

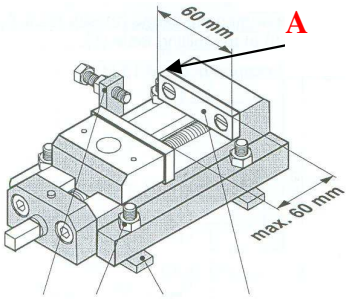
Kod glodalica pomak nul točke vrši se direktno pomoću G54 na izradak ili češće pomoću dvije funkcije. Prvi pomak je na čelo nepomične čeljusti škripca (točka A) a drugi pomak je na izradak (G58… ili TRANS…)





Sl.18. Pomak nul točke kod tokarilice i glodalice





1.8. ALATI KOD CNC STROJEVA

Kod CNC tokarilica opremanje stroja sa različitim alatima je od bitne važnosti za kvalitetnu izradu. Alati su smješteni u revolversku glavu prema redoslijedu izrade (vidi sliku). Alati su postavljeni tako da je svaki drugi alat (od ukupno 8) naizmjenično alat za vanjsko tokarenje ili za obradu unutarnjih ploha, čime su jedni alati s parnim a drugi sa neparnim brojevima.

Svakom se alatu mogu dodijeliti odgovarajući brojevi korekcija alata koji se nalaze u memorijskom mjestu stroja za korekciju dimenzija alata (postupak unošenja korekcija biti će objašnjeno u poglavlju x).

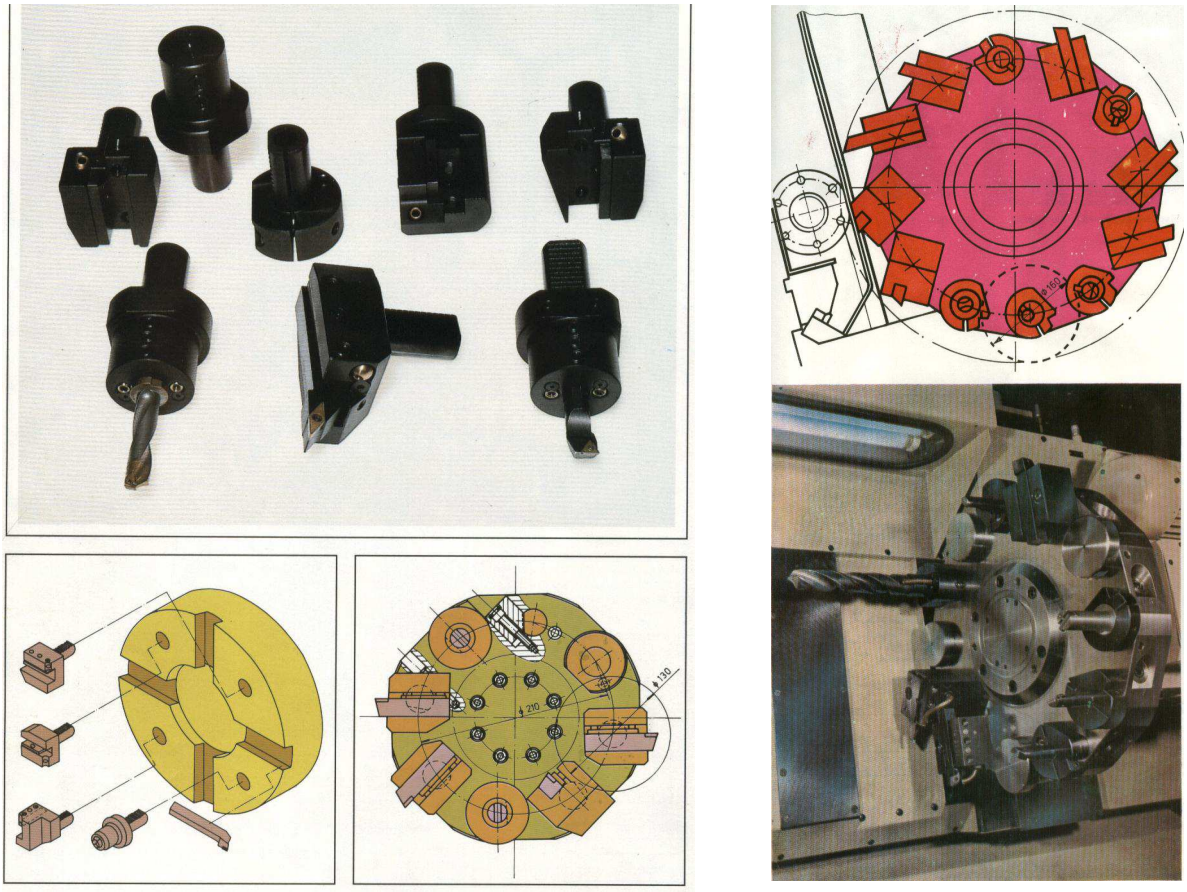
Pod korekcijom podrazumijeva se vrijednost razlike koordinata vrha oštrice promatranog alata u odnosu na prvi alat (desni nož za vanjsko tokarenje).

POSTUPAK UKLANJANJA ODSTUPANJA DIMENZIJA ALATA NAZIVA SA KOREKCIJA ALATA.

Istrošenost alata također djeluje na netočnost dimenzija pa moramo uzeti i te korekcije u obzir. Netočnost se ustanovljava mjerenjem izratka.

Označavanje potrebnog alata i njegove korekcije vrši se na slijedeći način.

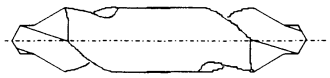
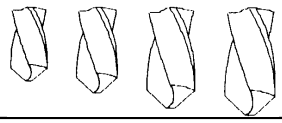
Npr. T01D1	T	- alat (tool)
	T01	- 1. mjesto na revolverskoj glavi
	T01D1	-mjesto u memoriji korekcije alata br.1



Sl.19. Alati u revolverskoj glavi kod nekih tokarilica

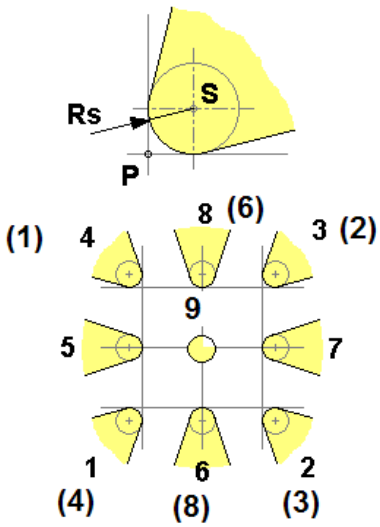
1.8.1. Alati za tokarenje za školsku CNC tokarilicu «EMCO-TURN 55 «

SKICA ALATA	OPIS ALATA	Ref.-Br.
	Alat za završnu obradu - desni No. SDJCR 1210 D07	260 601
	Alat za završnu obradu - lijevi No. SDJCL 1210 D07	260 602
	Neutralni nož No. SDNCN 1210 D07	260 603
	Nož za rezanje navoja - vanjski max. korak 1,5 mm No. NL 1210-2 RH	260 620
	Nož za rezanje navoja - unutarnji	

	No. NVR 10-2 RH ø10 x 60 mm za unutarnji navoj 0,5-1,5 mm	260 627
	Motka za unutrašnje tokarenje No. SDVCR 07 S10D ø10 x 60 mm	260 606
	Nož za odsijecanje i izradu utora No. L150.15.15.1212-3/M0	264 020
	**Zabušivač, HSS** ø6,8 mm A8, DIN 333	573 770 271 220
	**Set spiralnih svrdala, HSS** 9 spiralnih svrdala ø2-10 mm (1 mm raspon)	260 628
	Spiralno svrdlo, HSS ø 12mm	A6Z 050

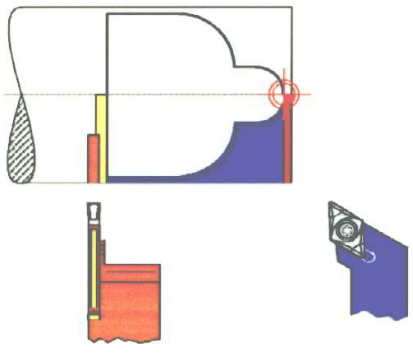
1.8.2. Položaj vrha oštrice alata kod tokarenja i primjeri primjene

U programiranju kod definiranja alata moraju se unesti i podaci o položaju vrha oštrice alata u odnosu na izradak (*Parametar, Tooloffset, C.edge position).*



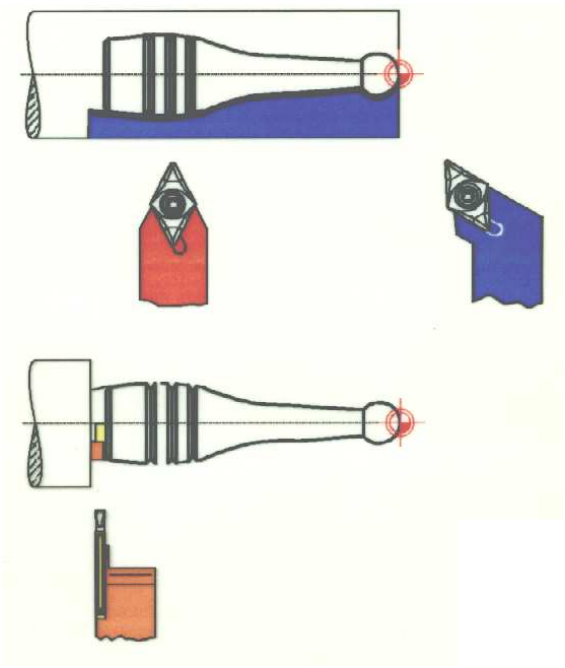
Sl. 20. Položaj vrha oštrice alata

Vrijednosti u zagradi odnose se na alate sa prilazom alata odozdo (EMCO TURN 55).

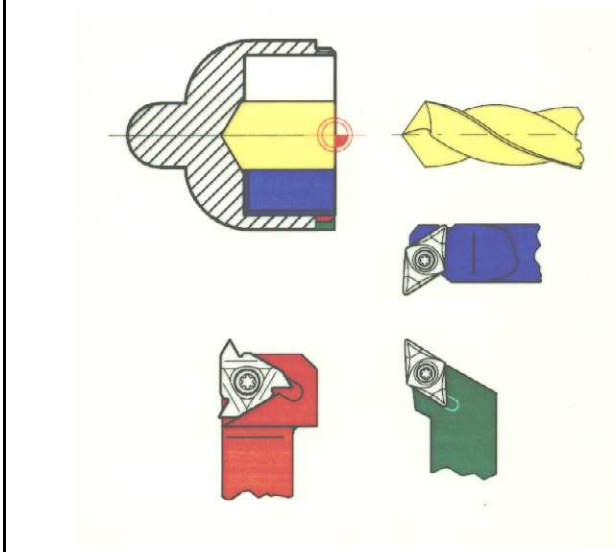


Sl.21. Primjer1. primjene alata

U prvom primjeru imamo dva alata za obradu (desni nož za fino tokarenje – koji provodi operaciju konturnog tokarenja-*Stock removal* sa brojem oštrice 3 i nož za odsijecanje sa brojem 8). U drugom primjeru uz dva spomenuta alata koristimo i neutralni nož za izradu tri mala kutna utora. Treći primjer ima još tri nova alata (spiralno svrdlo sa položajem oštrice 7, bušačku motku za unutrašnje tokarenje sa položajem oštrice 2 i vanjski nož za izradu navoja koji ima položaj oštrice 8).



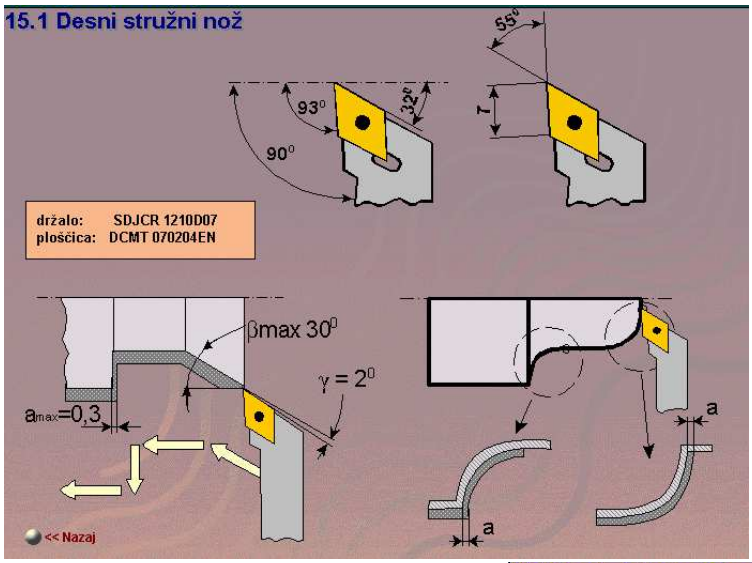
Sl.22. Primjer2. primjene alata



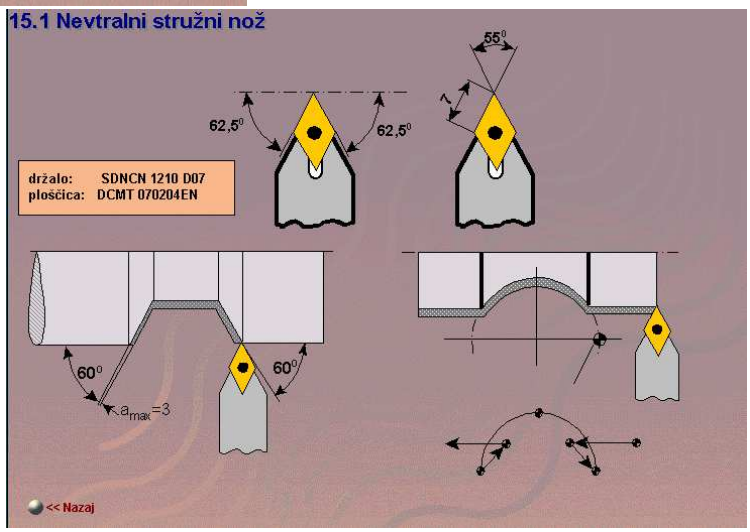
Sl.23. Primjer3. primjene alata

1.8.3. Primjeri primjene alata za tokarenje prema PIA - Velenje

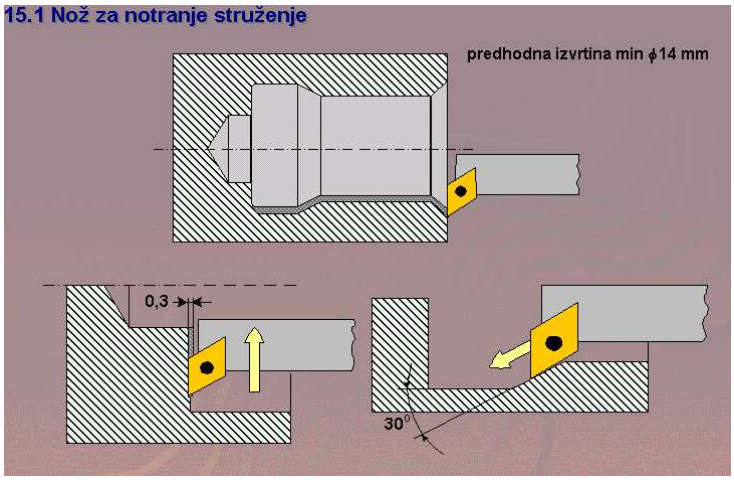
Alati koji se koriste za obradu na CNC tokarilici Emco Turn 55 i Turn105 su karakteristika kao na slikama iz kojih se vidi što može obrađivati pojedini nož i kakav je kut prilaza alata u izradak što je važno da ne bi došlo do sudara držača alata i izratka (vidjeti primjer vj. br.5).



Sl. 24. Desni nož za finu obradu

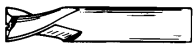
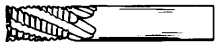
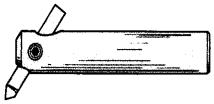
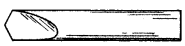


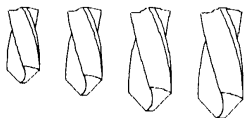
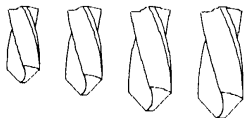
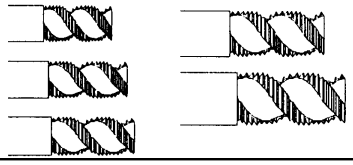
Sl. 25. Neutralni nož



Sl. 26. Nož za unutarnje tokarenje (bušačka motka)

1.8.3. Alati za glodanje

SKICA ALATA	OPIS ALATA	Ref.-Broj
	Grubo glodalo za poravnavanje, HSS ø 40 x 20 mm, unutarnji promjer ø 16 mm	764 410
	**Vretenasto – utorno glodalo, HSS** prema DIN 327, oblik B ø3 mm - ø6 mm – promjer drške ø6 mm ø8 mm – promjer drške ø8 mm ø10 mm - ø10 mm ø12 mm - ø12 mm	 764 301 764 306 764 308 773 100
	**Vretenasto glodalo za grubu obradu, HSS** prema DIN 844, shape A ø8 mm - ø16 mm	 764 200
	Profilno vretenasto glodalo, HSS ø6 mm ø12 mm	 771 030 771 040
	Kutno glodalo, HSS Prema DIN 1833, oblik A 60°, ø16 mm, drška - ø12 mm	 764 400
	Kutno glodalo , HSS Prema DIN 1833, oblik B 45°, ø16x4 mm, drška - ø12 mm	 771 050
	**Bušačka motka** Za provrte ø16-40 mm Drška - ø15 mm	 F1Z 050
	**NC-start svrdlo, HSS** drškaø10 mm, kut vrha svrdla 120°	 771 010

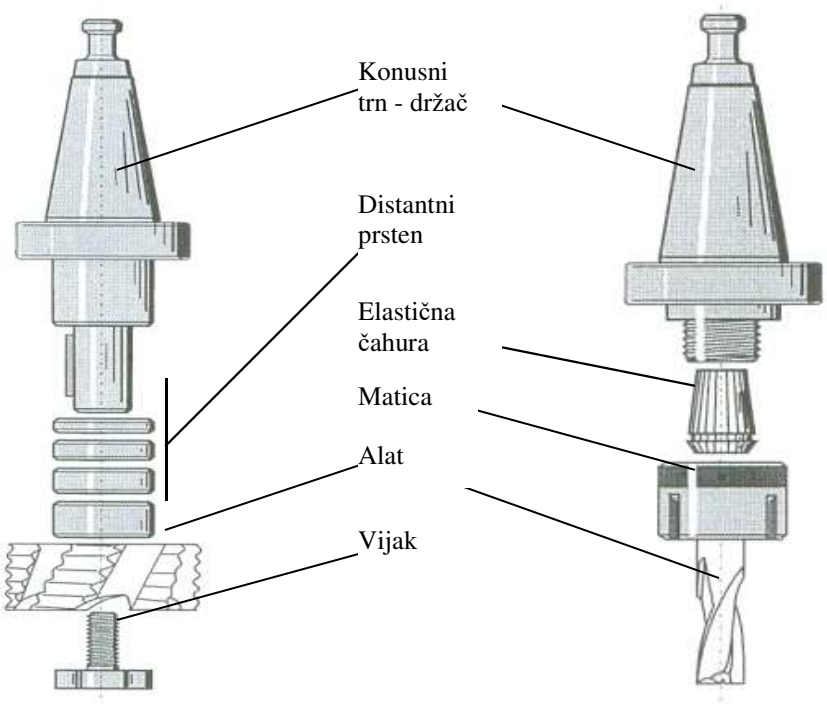
	Zabušivač,HSS ø6,8 mm A8, HSS, DIN 333	 573 770 271 220
	**Spiralno svrdlo, HSS** 25 svrdala ø1-13 mm, (0.5 mm raspon) 9 kom ø2-10 mm, (1 mm raspon)	 781 280 260 628
	**Navojna svrdla, HSS** 5 kom ø2.5, 3.3, 4.2, 5.0, 6.8 mm 6 kom ø2.5 - ø8.5 mm	 771 120 271 230
	**Ureznici, HSS** Set od pet ureznika M3 - M8	 781 300

1.8.4. Sustav montaže alata u držač alata

Montaža čeonog glodala

Montaža vretenastih glodala

za poravnavanje u držač u držač alata



2. UPRAVLJAČKA JEDINICA STROJA I PRIKAZ SOFTWERA

Svaki CNC stroj upravlja se pomoću posebnog softwera (programa) i upravljačke jedinice.

Kod EMCO CNC školskih strojeva koristi se upravljačka jedinica SINUMERIK 840 D ili neke druge upravljačke jedinice kao što su FANUC, EMCOTRONIC, HEIDENHAIN i dr. I softwer WinNC SINUMERIK 840D TURN (MILL) kao i upravljačka jedinica (tipkovnica) čine jednu jedinstvenu cjelinu kojom se vrši upravljanje strojem.

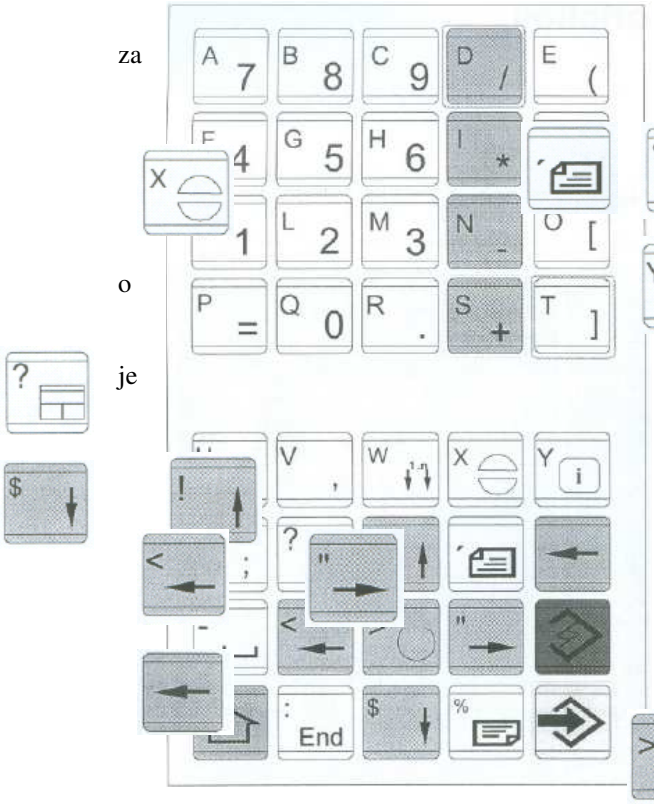
Vertikalne funkcijske tipke (aktiviraju trenutno ponuđeni zadatak na ekranu)

Adresno – numerička upravljačka jedinica

Horizontalne funkcijske tipke

Strojno – upravljačka jedinica

2.1. Adresno – numerička upravljačka jedinica



Ova tipkovnica služi uglavnom za unošenje (pisanje) kao i uređivanje programa a sastoji se od slova, brojeva, simbola i tipki za razne radnje u svezi sa tekstom.

Potvrda alarma

Prikaz informacija o trenutnom načinu rada

List naprijed/ nazad

Izbor prozora (kada je više radnih prozora na ekranu)

Kursor dolje/gore

Kursor lijevo/desno

Backspace – brisanje unatrag

Tipka izbora – *(aktiviraj – deaktiviraj)* Izbor vrijednosti u tablicama ili poljima koji su već unaprijed definirani.

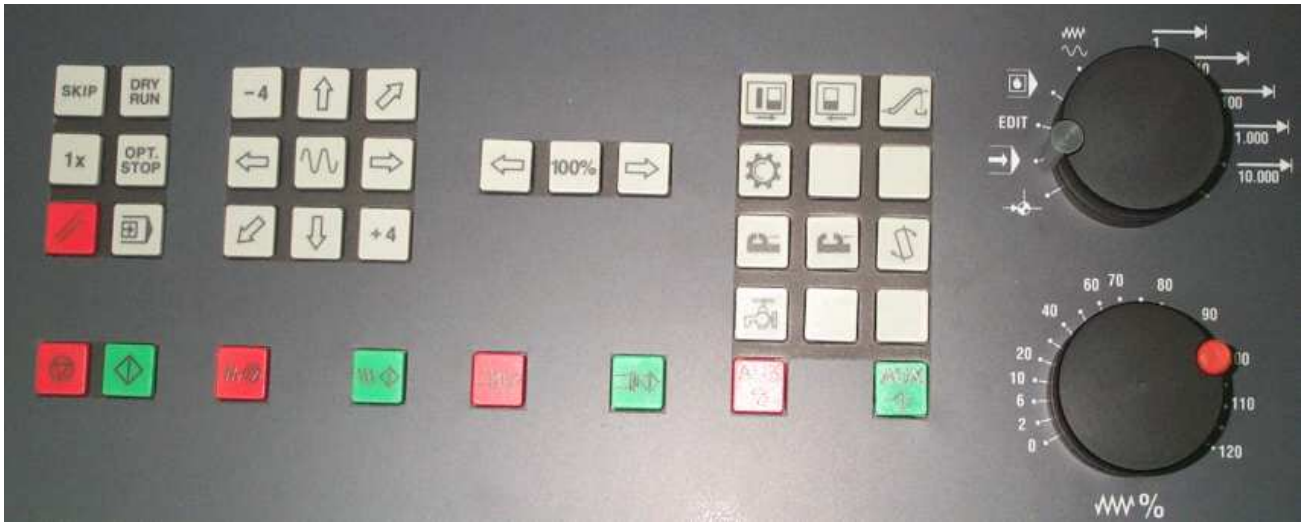
End Skok na kraj reda ili liste

Tipka za uređivanje **Edit / Undo**

Tipka za unos **Input**
Preuzima novu vrijednost, otvara i zatvara direktorij, otvara datoteku

Shift tipka – služi za unošenje manjeg simbola na tipkovnici

2.2. Strojno – upravljačka jedinica (tipkovnica)



Sastoji se od više podgrupa upravljačkih funkcija a služi isključivo za komunikaciju sa strojem.

SKIP – preskočeni blok se neće izvršiti
DRY RUN – ispitivanje programa bez izratka (testiranje)
OPT STOP – zaustavljanje programa kod naredbe M01
1x – EMCO tipka

Rad stroja blok po blok

RESET

STOP / START
Zaustavljanje / izvršavanje programa

Ručno pokretanje alata po osima (moramo biti u JOG modu)

-4 i +4 EMCO tipke

FEED STOP / START
Zaustavljanje / pokretanje posmaka

Rotacija glavnog radnog vretena
smanjivanje / 100% / povećavanje

SPINDEL STOP / START
Zaustavljanje / pokretanje glavnog radnog vretena

Tipke koje su aktivne sa napravama koje se mogu pridodati NC stroju.

Tipka za pomak revolverske glave suporta tokarilice za jedno mjesto.

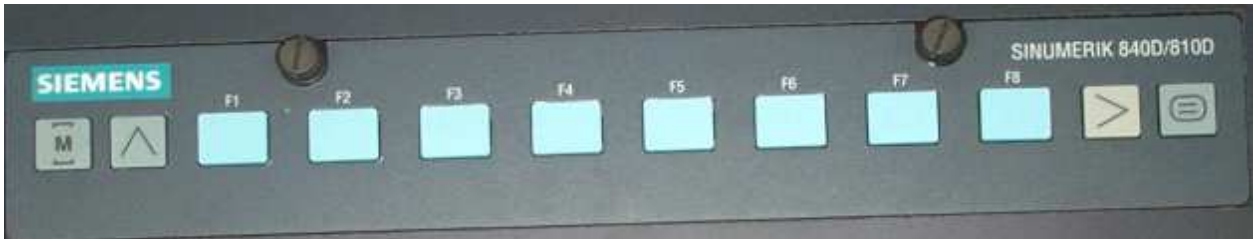
Tipka za uključivanje / isključivanje rashladne tekućine.

Preklopnik načina rada

Regulator brzine posmaka od 0 – 120 %

2.3. Horizontalna funkcijska tipkovnica

(slika 3.6)

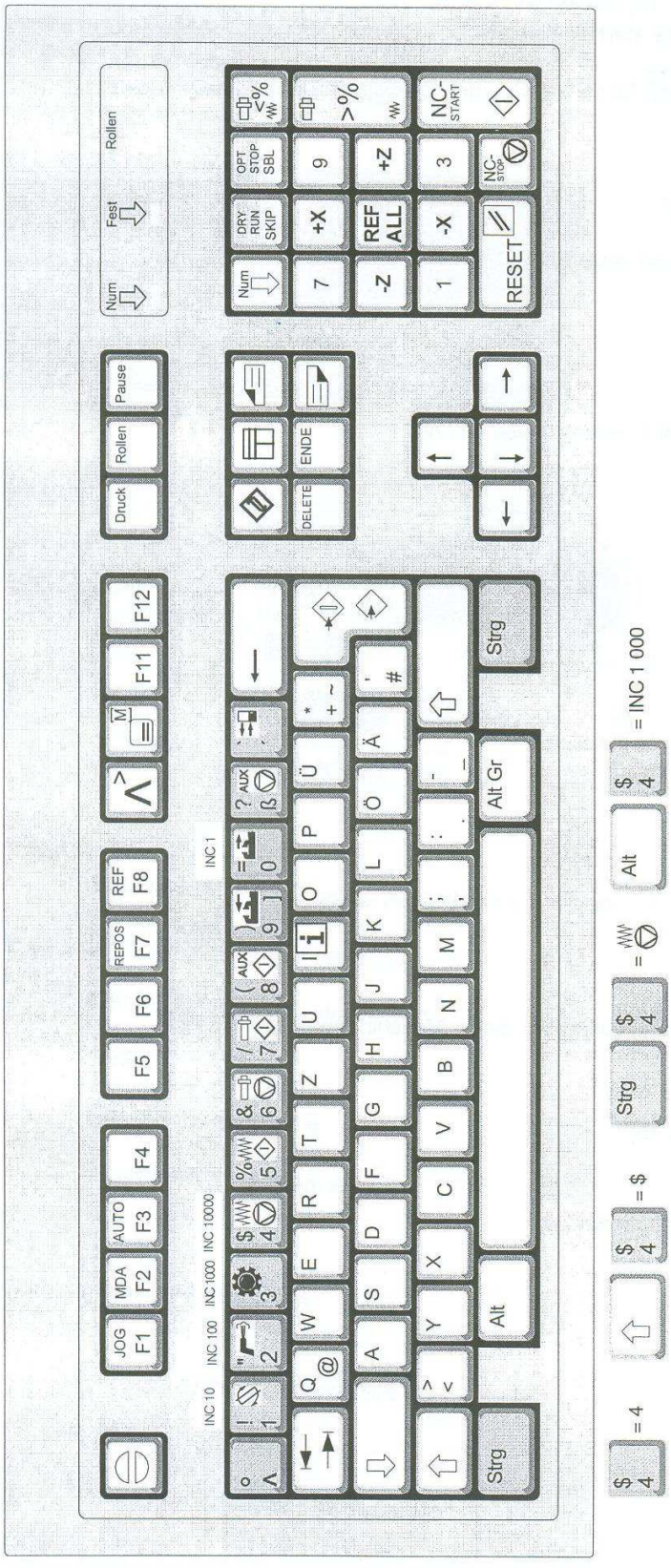


Direktni skok u radno područje stroja.

Povratak u menu

Proširenje funkcijskih tipki

Poziv osnovnog menu-a – ponovni pritisak na tipku vraća nas u prethodni meni



2.4. PC tipkovnica NC stroja

Osim tipkovnice EMCO NC stroja moguće je korištenje standardne tipkovnice za osobno računalo.

Raspored tipki prikazan je na slici

Miš

Ta vrijeme rada WIN NC 32 software-a moguće je i korištenje miša.
Po pozicioniranju miša jednostrukim ili dvostrukim «klikom» lijeve tipke pozove se potrebna naredba.

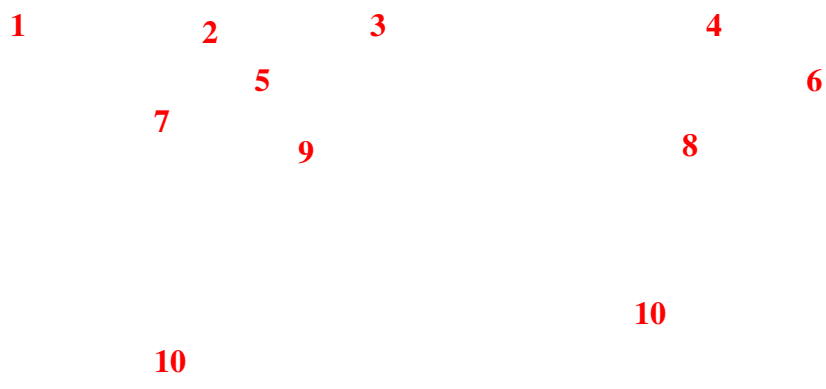
1 * klik lijevom tipkom znači:
- prozor u izborniku je aktivan
- postavljane kursora na odabrano polje
- promjena direktorija
- pritisak na horizontalne ili vertikalne funkcijske tipke
- otvaranje odabrane liste
- aktiviranje / deaktiviranje prekidača

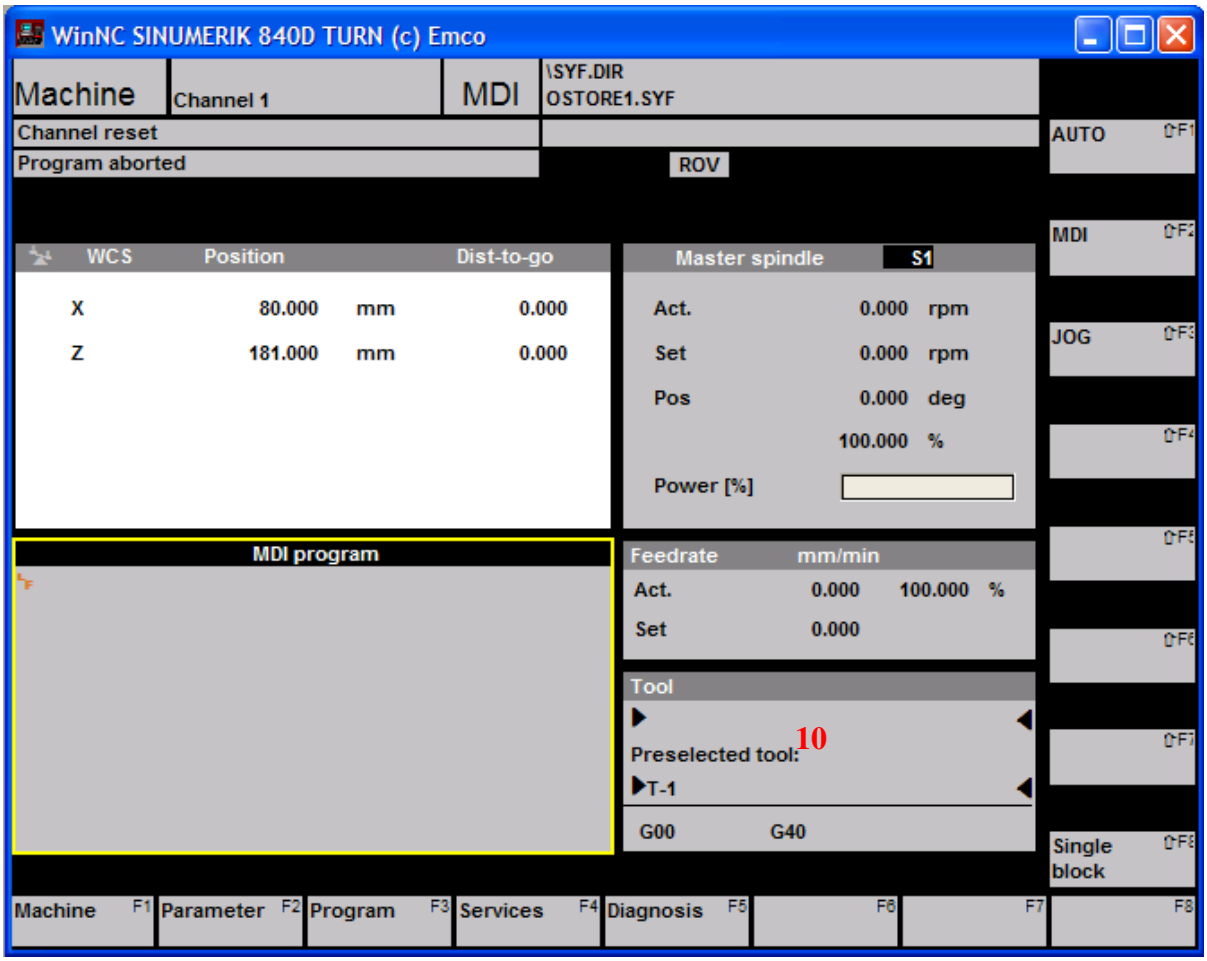
2 * klik lijevom tipkom znači:
- otvaranje direktorija
- izbor lista
- unos vrijednosti

Klik desnom tipkom znači:
- prikaz radnih područja

2.5. Osnovni prozor Sinumerik 840D Turn (Mill)

Otvaranjem programa Sinumerik 840D Turn (Mill) otvara se osnovni prozor za rad sa CNC strojem. Kod glodanja imamo sve tri koordinatne osi.





1 Prikaz aktivnog radnog područja
2 Prikaz aktivnog kanala
3 Prikaz načina rada
4 Ime i putokaz odabranog programa
5 Status kanala
6 Poruke kanala
7 Status programa
8 Display statusa kanala
9 Alarm sa kodom poruke
10 Radni prozori – okvir aktivnog prozora svijetli
11 Vertikalne funkcijske tipke
12 Horizontalne funkcijske tipke

2.6. Radna područja Sinumerik 810D/840D

Rad na Sinumerik 810D / 840D je organiziran kroz 5 podizbornika (menu-a) osnovnog izbornika koji se nazivaju **radna područja** (Operating Areas)

- Machine <F1>
- Parameter <F2>

- Program <F3>
- Services <F4>
- Diagnosis <F5>

Ovih pet radnih područja se prikazuju u osnovnom izborniku u horizontalnoj liniji funkcijskih tipki (slika).

Radno područje	Izvršne funkcije
Machine	Ručno upravljanje strojem Izvršenje programa na izratku
Parameter	Uređivanje podataka za programiranje (nul točke) i podataka o alatima
Program	Pisanje i uređivanje programa
Services	Učitavanje programa i podataka
Diagnosis	Prikaz alarma i poruka

Osnovni izbornik

Pritiskom na tipku u osnovnom prozoru će se pojaviti osnovni izbornik. Tom tipkom osnovni prozor može biti pozvan iz bilo kojeg izbornika. Ponovnim pritiskom tipke vraćamo se u prethodno korišteni izbornik.

Osnovni izbornik sadrži dakle horizontalne i vertikalne funkcijske tipke u kojima su sadržana radna područja , odnosno moduli načina rada. Izbor pojedinog područja i rada u njemu moguće je provesti ili putem miša ili putem upravljačke jedinice stroja (adresno – numerička jedinica).
U radu sa mišem 1x klik znači: aktivirati neki od prozora ili izabrati neki manu.
2x klik znači: otvoriti izbornik (unošenje vrijednosti)
desna tipka znači: pokazati (otvoriti) radno područje

Horizontalne funkcijske tipke
Machine <F1>
Parameter <F2>
Program <F3>
Services <F4>
Diagnosis <F5>
Vertikalne funkcijske tipke vezane su za prvi podizbornik Machine
AUTO <F1>
MDA <F2>
JOG <F3>
REF <F5>

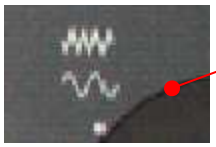
Single block <F8>

2.6.1. Radno područje Machine

Ovo područje prikazuje sve funkcije i utjecajne faktore koji djeluju na alatni stroj i njegovo stanje.

Postoje tri radna područja:

2.6.1.1. JOG način rada upotrebljava se za ručne operacije. Moguće ga je aktivirati **preklopnikom načina rada** i izborom pozicija



U JOG modu možemo odrediti Referentnu točku stroja i izvršiti pomicanje suporta stroja.

Određivanje REF točke

- izabrati REF mod na preklopniku
- pritisnuti tipke za pomicanje **–X,+X,-Z,+Z** na strojno upravljačkoj tipkovnici
- sa tipkom REF ALL (na PC tipkovnici) automatski se dolazi u REF točku
- koordinate REF točke možemo pratiti u osnovnom prozoru

Određivanje pomaka nosača alata (suporta)

Postavljanjem preklopnika u položaj JOG moguće je pomicanje alata u svim pravcima korištenjem tipki za pomicanje (ili Alt +F1 sa tipkovnice). Brzina pomicanja određena je položajem regulatora posmaka. Ako je potrebno gibanje u brzom hodu potrebno je dva puta brzo kliknuti tipku.

Određivanje inkrementa posmaka

Zbog što točnijeg pozicioniranja alata veličina posmaka se može mijenjati korištenjem preklopnika načina rada.

INC 1	1/1000 mm	pritiskom na tipku
INC 10	1/100 mm	pritiskom na tipku
INC 100	1/10 mm	pritiskom na tipku
INC 1.000	1 mm	pritiskom na tipku
INC 10.000	10 mm	pritiskom na tipku

Promjena se može napraviti i s tipkovnice računala kombinacijom tipki:
Alt 0 .. $10^0 = 1$, Alt 1 .. $10^1 = 10$, Alt 2 .. $10^2 = 100$, Alt 3 .. $10^3 = 1000$,….
Pritiskom na tipke za pomicanje alat će se pomaknuti u određenom smjeru za točno određeni pomak (inkrement).

Popis izbornika *Machine JOG*

Izbornici su vezani za horizontalne i vertikalne funkcijske tipke:

Vertikalne funkcijske tipke

Transformation / G function *<F1>* *G naredbe*

Auxiliary function <F2> *pomoćne funkcije*
Spindles <F3> *brzina okretanja vretena*
Axis feedrate <F4> *posmak*
Zoom actual value <F5> *povećanje*
Actual value MCS <F6> *trenutna vrijednost*
WCS <F7>

Horizontalne funkcijske tipke

Increment <F6> *povećanje(od 0.001 do 10mm)*
Abort <F7>
OK <F8>

2.6.1.2. ***MDA*** način rada (Manual Data Automatic) upotrebljava se za pisanje programa i testiranje programa blok po blok (slika).

Njime prebacujemo željena gibanja preko tipkovnice kao pojedine blokove programa u kontrolnu jedinicu.

Kontrolna jedinica obrađuje blok nakon pritiska na tipku

Za pokretanje programa u MDA načinu rada potrebni su isti preduvjeti kao i kod automatskog načina rada.

Popis izbornika *Machine MDA*

Vertikalne funkcijske tipke

Transformation / G function <F1>
Auxiliary function <F2>
Spindles <F3>
Axis feedrate <F4>
Actual value MCS <F7>
WCS <F7>
Delete MDI Program <F8> *brisanje programa*

Horizontalne funkcijske tipke

Save MDI Program <F8> *spremanje programa*
Abort <F7>
OK <F8>

Program Control <F4> *kontrola programa*
OK <F8>

2.6.1.3. ***AUTO*** način rada u kojem se programi izvršavaju potpuno automatski (slika).

Preduvjeti za izvođenje programa su:

- program je učitan u kontrolnu jedinicu
- referentna točka je postavljena

- potrebne korekcije su napravljene (postavljanje nul točke, korekcija alata,…)
- aktivirane su sigurnosne mjere (zatvorena su vrata,…)

Popis izbornika *Machine AUTO*

Vertikalne funkcijske tipke

Transformation / G function	*<F1>*
Auxiliary function	*<F2>*
Spindles	*<F3>*
Axis feedrate	*<F4>*
Program sequence block	*<F5>*
Zoom actual value	*<F6>*
Actual value Machine Work	*<F7>*
Program level / Actual block	*<F8>*

Horizontalne funkcijske tipke

Program Control	*<F4>*		*kontrola programa*
OK		*<F8>*	
Blok search	*<F5>*		*traženje bloka*
Calculate contour		*<F1>*	
Calculate blk endpt	*<F2>*		
Program level +		*<F6>*	
Program level –		*<F7>*	
Without calculat.		*<F8>*	
Search position	*<F1>*		
Search pointer	*<F2>*		
Correct program	*<F7>*		*ispravljanje programa*
Program overview	*<F8>*		*pregled programa*
Execution from ext	*<F5>*		
Alter enable		*<F6>*	
Program selection		*<F7>*	
Work pieces	*<F1>*		
Part programs	*<F2>*		
Sub programs	*<F3>*		
Standard cycles	*<F4>*		
User cycles	*<F5>*		
Clipboard	*<F6>*		

2.7. Radno područje *Parameter*

U radnom području Parameter moguće je upisivati i uređivati podatke koji su potrebni za program te izvršiti korekciju alata.

Četiri horizontalne *funkcijske tipke vezane za podizbornik Parameter* su:

Tool offset	*<F1>*
R variables	*<F2>*

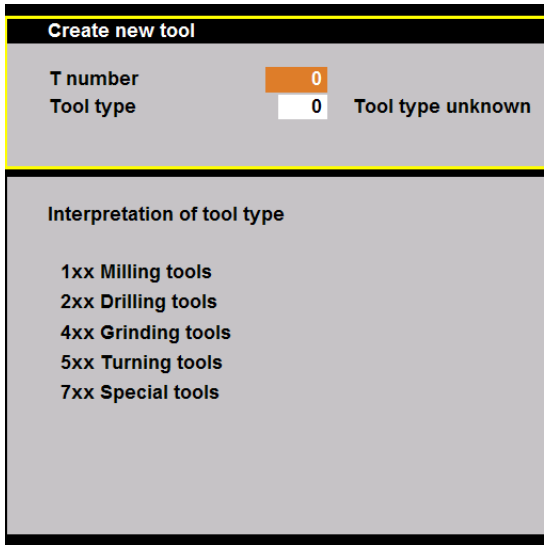
Setting dana *<F3>*
Work offset *<F4>*

2.7.1. Podaci o alatu *Tool offset*

Postavljanje alata se obavlja pritiskom na vertikalnu funkcijsku tipku **<F8>** *New* za izbor novog alata.
U prozoru se pojavljuju dvije opcije:

New tool edge	<F3>	nova oštrica alata
New tool	<F4>	novi alat

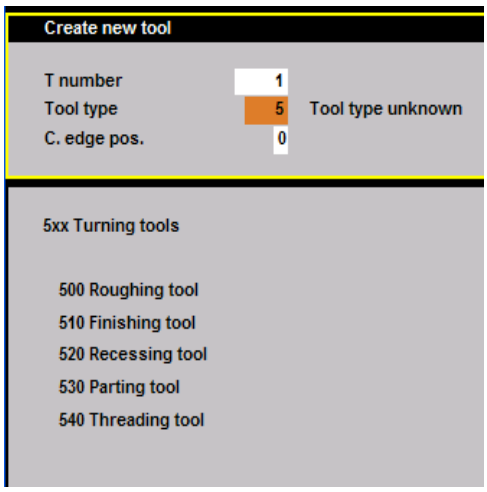
Izborom jedne od opcija otvara se slijedeći prozor (slika) koji nudi postojeće alate:



T number – *broj alata* u revolverskoj glavi
Tool type – *tip* alata - tipovi alata su ponuđeni u listi

Tipovi alata:

Milling tools – *alati za glodanje*
Drilling tools – *alati za bušenje*
Grinding tools – *alati za brušenje*
Turning tools – *alati za tokarenje*
Special tools – specijalni *alati*
Izbor broja alata (T number) kreće se na tokarilici EMCO PC TURN 55 od 1 do 8

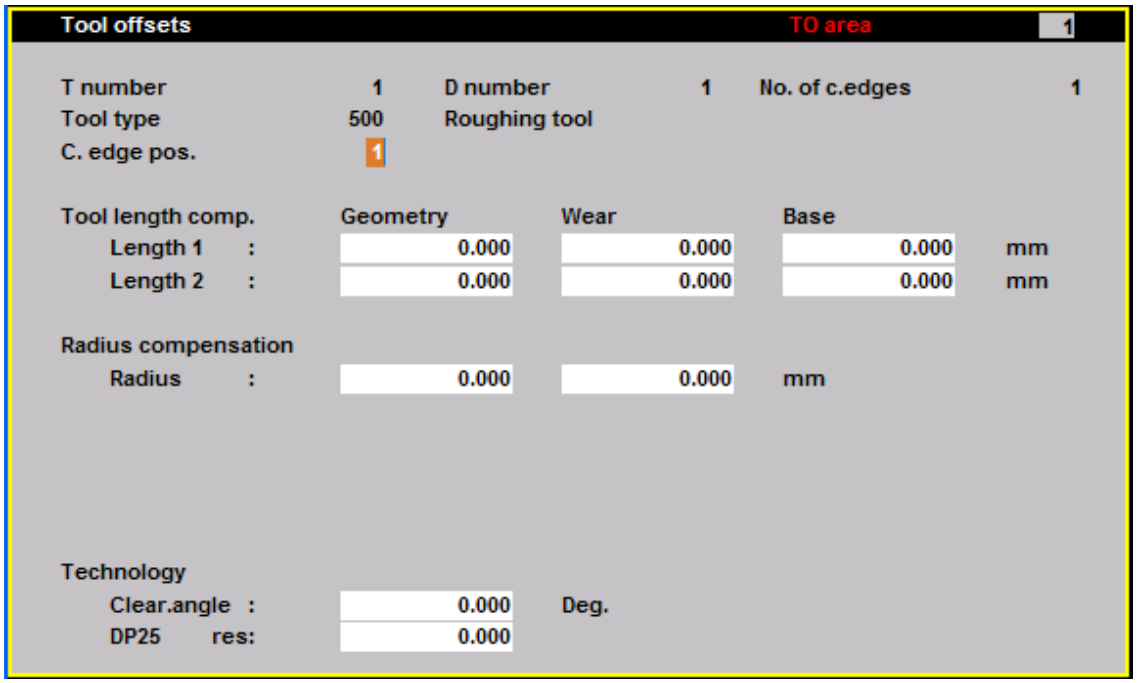


Svaki tip alata (Tool type) nudi svoj novi prozor s određenim alatima

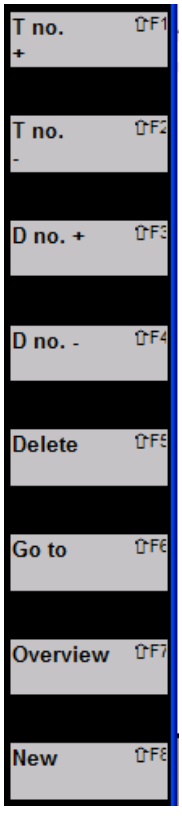
5xx Turning tools - alati za tokarenje (slika 6.5)

500 Alati za grubo tokarenje
510 Alati za završne obrade
520 Alati za unutarnje tokarenje
530 Alati za rezanje
540 Alati za izradu navoja
Po odabiru alata (npr. T1 500 – tokarski nož za grubu obradu) otvara se novi prozor u kojem se daju svi parametri alata (slika)

T



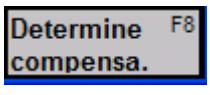
number – Broj alata tj. pozicije u koju će biti smješten u revolverskoj glavi
D number – Broj korekcije. Alat može imati više korekcijskih brojeva
No. of c.edges – broj D-number za alat
Tool type – tip alata
Tool name – ime alata (može sa dati bilo kakav naziv alata)
Cuter. edge position. – pozicija noža (1 - 9)
Tool length comp. – kompenzacija duljine alata
Geometry – dimenzije radnog dijela alata
Wear – devijacija od geometrijske vrijednosti
Base – dimenzije držala alata
Zbroj vrijednosti **geometry, wear i base** je ukupna vrijednost korekcije
Radius compensation – kompenzacija polumjera alata
Radius – polumjer alata

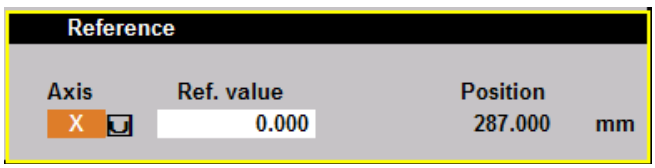


Vertikalne funkcijske tipke (Slika)

T no. + <F1> i **T no.-** <F2> - prebacuju se na slijedeći veći ili manji broj alata
D no. + <F3> i **D no.-** <F4> - prebacuju se na slijedeću veću ili manju korekciju alata
Delite <F5> – brisanje alata sa liste ili brisanje korekcije alata
Go to <F6> - skok na alat broj (otvara se mali prozorčić koji omogućuje taj skok)
Overview <F7> - Pregled svih alata u bazi
New <F8> - upis novog alata

Po upisu novog alata moguće je odmah odrediti kompenzaciju alata na stroju uključivanjem vertikalne funkcijske tipke **Determine compensa.** <F8>



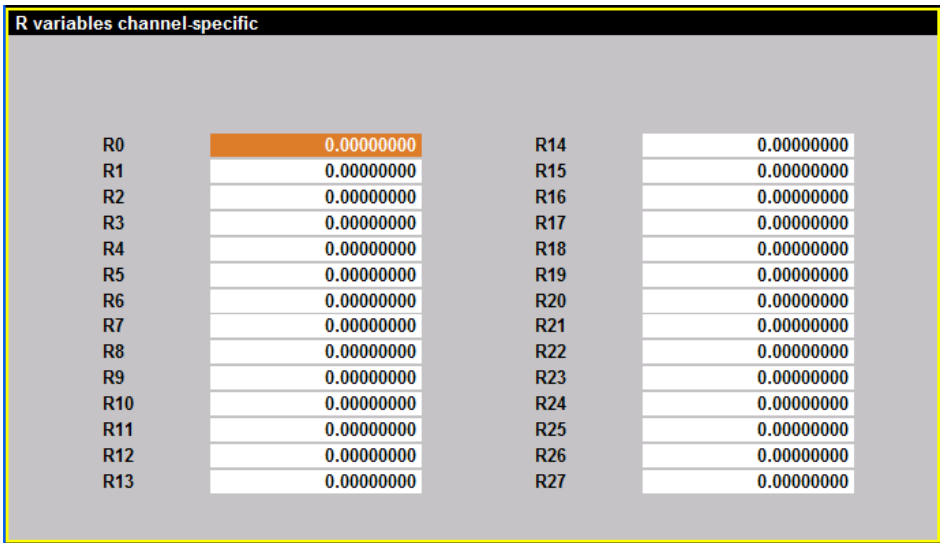


Otvara se novi prozorčić (slika) u kojemu se upisuje referentna vrijednost kompenzacije za os X ili Z.

Mjerenje i korekcija (kompenzacija) alata biti će objašnjena u posebnom poglavlju.

2.7.2. **R parametri** *R parameter* – aritmetički parametri

R parametri su varijable koje se mogu upotrijebiti kao proračunski parametri u programima. Oni se ručno upisuju u tablicu .



Kod upravljanja Sinumerik-om 840D na raspolaganju su 100 varijabli R parametra. Varijable od 0 do 89 su slobodne za korisnika dok su od 90 do 99 rezervirane za EMCO.

Varijable R90, R91 – služe za brojanje izradaka
R90 - aktualni broj izradaka
R91 - nominalni broj izradaka

Primjer: treba izraditi 250 kom nekog izratka

- Postavlja se nominalni broj izradaka **R91**=250.
  Brojač odbrojava od 250 do 0 i tada daje poruku **«Nominal workpiece number reached»** - *nominalni broj izradaka je dosegnut*

- Postavlja se nominalni broj izradaka **R91**=0.
  Postavlja se aktualni broj izradaka **R90**=0.
  Brojač odbrojava od 0 prema gore (do 250) i ne daje nikakvu poruku

Programiranje: Pozivanje brojača u programu se provodi prije naredbe **M30** *(M30-kraj programa)* sa **L700 P1** *(L-poziv podprograma, P-ponovi program).*

Varijable R98, R99 – služe za proračun vremena izrade primjer

R98 - aktualno vrijeme strojne obrade (ukupno vrijeme)
R99 – mjerenje vremena operacija jedne operacije

M73 – početak mjerenja operacije
M74 – kraj mjerenja operacije

Izmjereno vrijeme će biti u parametru **R99** u formatu 6347.378
Što znači 63 min., 47 s, 387 ms

```
%1
-
T6 D1M6
M3 S3000 F.
M73
-
-          R99
M74
T7 D1
-
M2
```

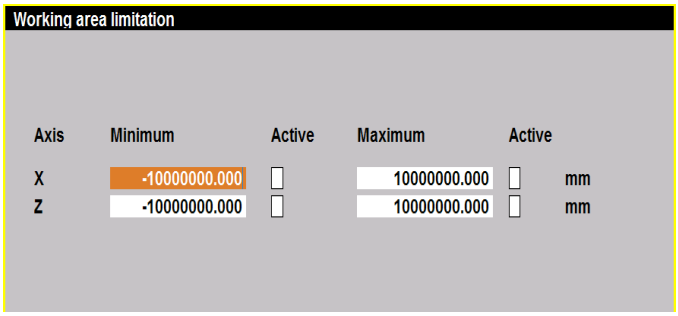
R98

2.7.3. **Postavljanje podataka** *Setting data*

U prozoru Setting data aktivne su samo vertikalne funkcijske tipke. Ovdje možemo postaviti granice radnog prostora, posmak u JOG modu, granični broj okretaja radnog vretena, posmak u praznom hodu i početni kut kod rezanja navoja.

Working area limitation
<F1>*ograničenje radnog prostora*

omogućava postavljanje granica unutar kojih će se kretati alat.



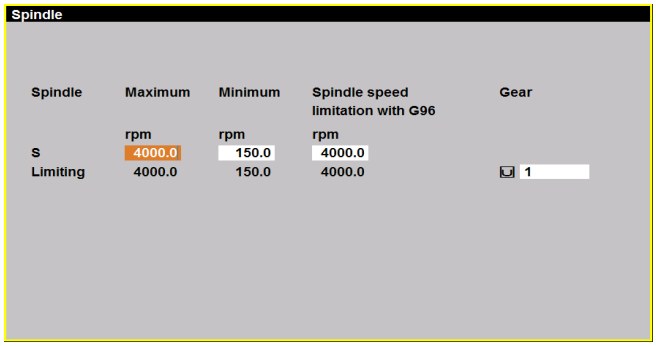
Po upisivanju vrijednosti u predviđena polja aktiviranje se obavlja tipkom

Napomena: U MDA i Auto načinu rada u NC programu ograničenje radnog prostora postaje aktivno tek nakon komande WALIMON (**W**orking **a**rea **lim**itation **ON**)

JOG data <F2> *JOG podaci*

JOG vrijednost posmaka – posmak kod ručnog upravljanja u JOG načinu rada.

Spindle data <F3> *podaci o vrtnji glavnog radnog vretena- amerikanera*
Ograničenje broja okretaja glavnog radnog vretena **Max / Min** .Vrtnja je dozvoljena samo unutar odabranih vrijednosti.
Ograničenje okretanja vretena pomoću naredbe **G96** omogućuje konstantnu brzinu rezanja.



Feedrate DRY <F4>
prazni hod

Ovaj posmak se uzima kod praznog hoda umjesto programiranog posmaka.

Starting angle <F5> *početni kut kod narezivanja navoja*

Kod rezanja navoja početna pozicija vretena se daje kao početni kut.

2.7.4. Postavljanje nul točaka stroja *work offset (zero offset)*

Postavljanje nul točaka obavlja se naredbama G54 – G57.

Grubo podešavanje:

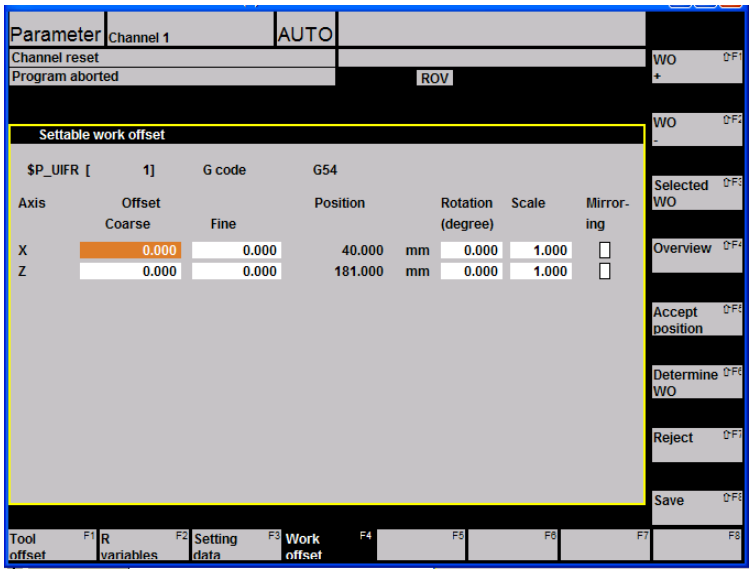
Kod većine alatnih strojeva ova veličina je osigurana protiv neautoriziranih promjena s ključem.

Fino podešavanje:

Upotrebljava se za fine korekcije (npr. kod korekcije zbog trošenja alata) i nije posebno osigurano protiv promjena. Ulazna veličina finog podešavanja je limitirana s ±1mm

Krajnje podešavanje nul točke je suma grubog i finog podešavanja.

Slika 2.7.4. prikazuje prozor za podešavanje nul točaka

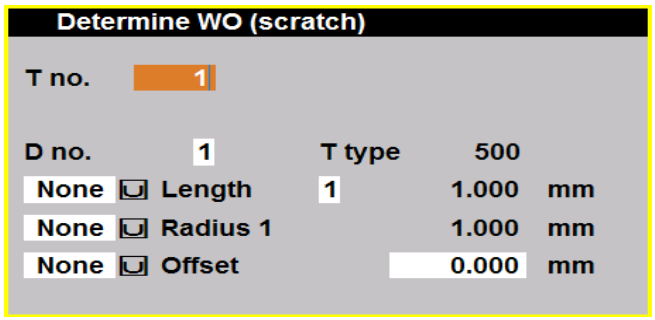


$P_UIFR je sistemska varijabla – postavni oblik za naredbe G54.

Vertikalne funkcijske tipke imaju slijedeće značenje:

WO+<F1> i **WO-** <F2> odabiru traženu nul točku G54 – G57 (izradak može imati nekoliko nul točaka)
Selected WO <F3> aktivira odabranu nul točku u **MDA** ili **Auto** načinu rada.
Accept position <F5> omogućuje upisivanje pozicije po osi u polju za unos.
Reject <F7> poništava i **Save** <F8> memorira nove vrijednosti

Determine WO <F7> određivanje nul točke - otvara novi prozor (slika) za os koja je označena (na slici označena je os X).



Prozor za određivanje nul točke daje podatke o korištenom alatu:
T no. – broj alata, tj. pozicije
D no. – broj korekcije alata
T type – tip alata
Length – duljina alata
Radius 1 – polumjer alata
Offset - postavljanje

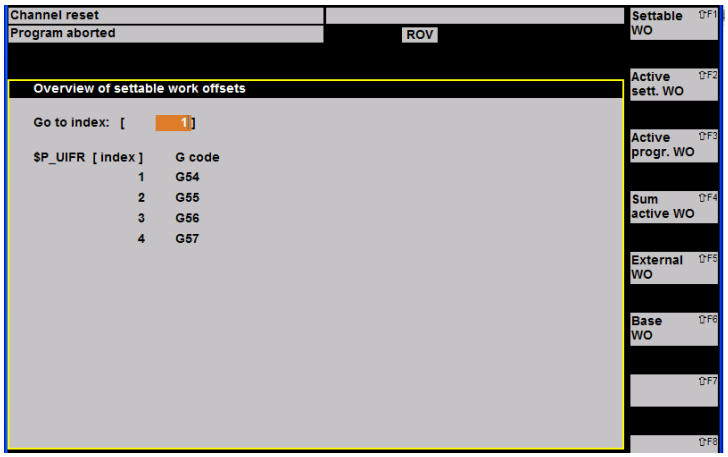
Korištenjem tipke selektora ili korištenjem miša i tipke odabiru se:

- relevantni parametri duljine alata (1,2,3) i smjer (+,-,none)
- uključenje i smjer polumjera alata (+,-,none)
- uključenje i smjer slobodno definiranog postavljanja nul točke (+,-,none)

Potvrditi unesene podatke iz prozora sa OK.

Overview <F4> otvara novi prozor s novim funkcijama (slika)

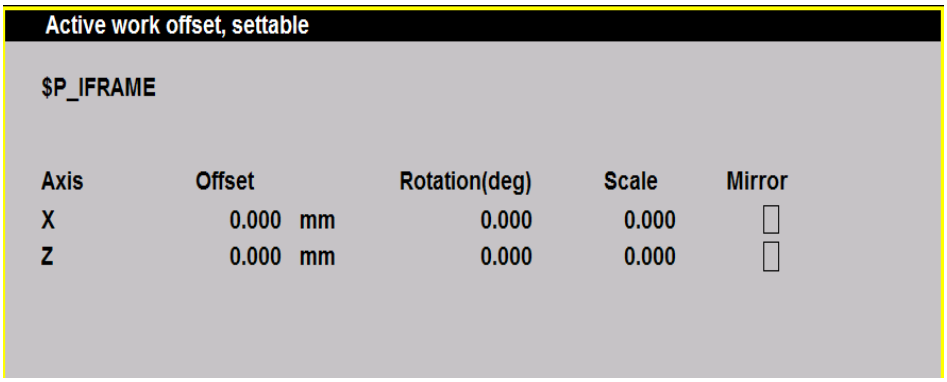
Osnovni prozor daje pregled naredbi G54 – G57



Settable WO <F1> postavljanje nul točke - vraća program u prethodni prozor (slika)

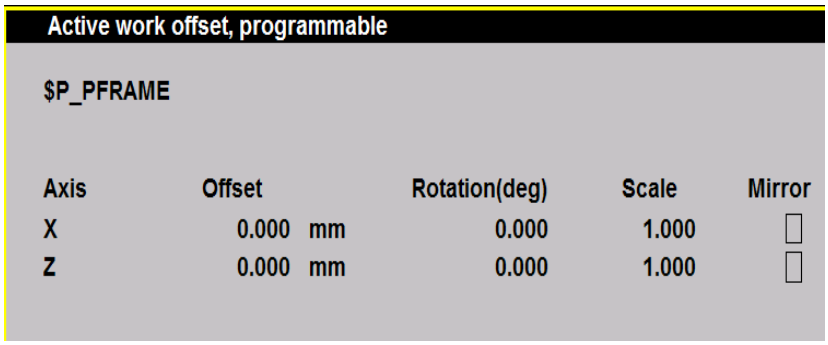
Active sett. WO <F2> aktivna nul točka koja se postavlja - daje podatke o trenutno aktivnoj nul točki. Prikazuje se prozor sa aktualnim podacima (slika).

$P_IFRAME je sistemska varijabla – postavni oblik za aktivnu nul točku koja se postavlja.

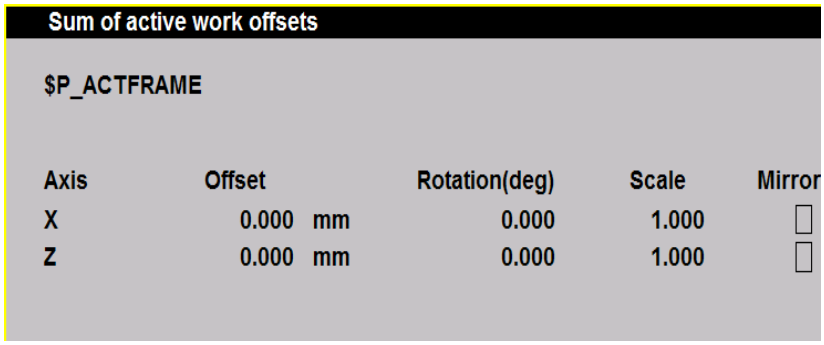


Active progr. WO <F3> aktivna nul točka koja se programira - daje podatke o trenutno aktivnoj nul točki. Prikazuje se prozor sa aktualnim podacima (slika).

$P_PFRAME je sistemska varijabla – postavni oblik za aktivnu nul točku koja se programira

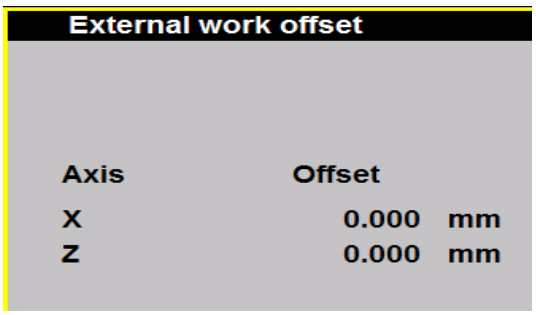


Sum active WO <F4> zbroj aktivnih nul točaka daje podatke o trenutno aktivnoj nul točki. Prikazuje se prozor sa aktualnim podacima.

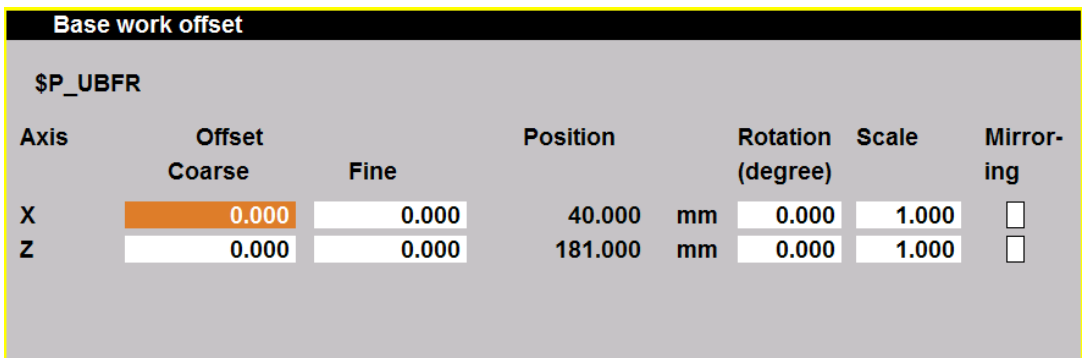


$P_ACTFRAME je sistemska varijabla – postavni oblik za zbroj aktivnih nul točaka

External WO <F5> prikazuje koordinate eksterne (vanjske) nul točke.

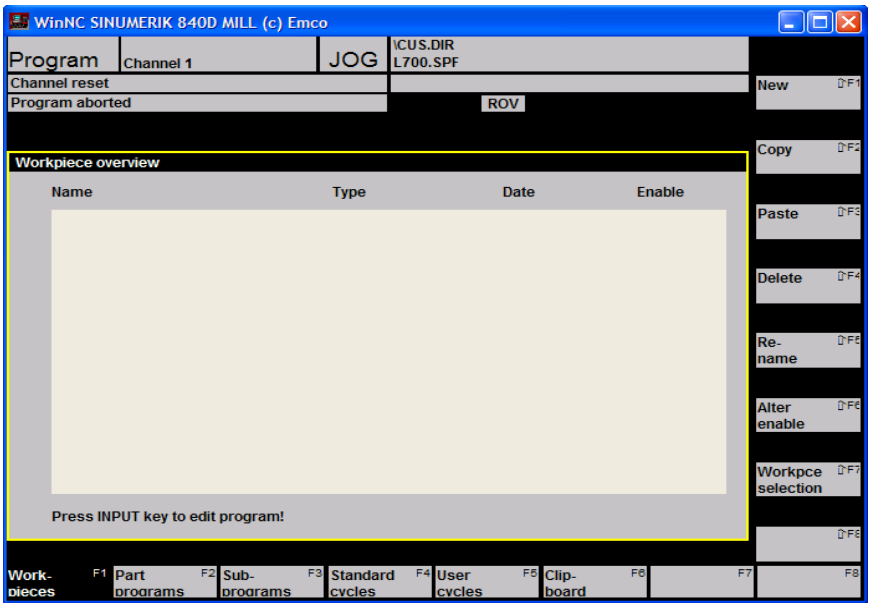


Base WO <F6> otvara prozor u kojem je moguće podešavanje osnovne nul točke.



2.8. Radno područje *PROGRAM*

U radnom području **Program** pišu se programi, ispravljaju se i njima se upravlja. Aktiviranjem horizontalne funkcijske tipke Program <F3> otvara se prozor prema slici.



Tipovi programa su:

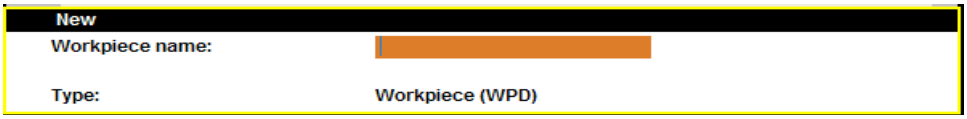
Workpieces <F1> – *izradak* u ovom kontekstu se smatra direktorijem (folderom) koji uključuje programe ili podatke
Partprograms <F2> – *glavni program* je slijed naredbi za obradu izratka.
Subprograms <F3> – *potprogram* je program koji može biti više puta pozvan iz glavnog programa. Ciklusi su vrsta potprograma.
Standard cycles <F4> – *standardni ciklusi* su potprogrami koji se ne mogu mijenjati. Oni se izvršavaju ponavljanjem koristeći strojne korake.
User cycles <F5> – *korisnički ciklusi* koje korisnik sam može pisati prema svojim potrebama
Clipboard <F6> - međuspremnik

Tipovi file-ova i direktorija su:

ime**.MPF**	glavni program
ime**.SPF**	podprogram
ime**.TOA**	podaci o alatu
ime**.UFR**	postavljanje nul točke / okviri
ime**.INI**	fajl za inicijalizaciju
ime**.COM**	komentar
ime**.DEF**	definicija korisničkih podataka i makroi
ime**.DIR**	zajednički direktorij koji sadrži programe
ime**.WPD**	direktorij izratka koji sadrži programe i podatke koji pripadaju izratku
ime**.CLP**	CLIPBOARD (međuspremnik) direktorij može sadržavati sve tipove spisa i direktorija

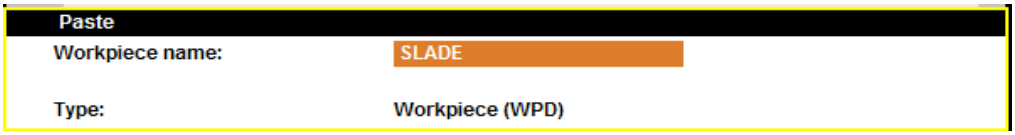
2.8.1. Workpieces <F1> – direktorij izratka otvara prozor koji omogućuje:

New <F1> - otvaranje novog direktorija -otvara prozor u kom treba upisati ime novog direktorija i potvrditi <F8> ili odustati <F7>. Automatski mu se pridružuje ekstenzija WPD.

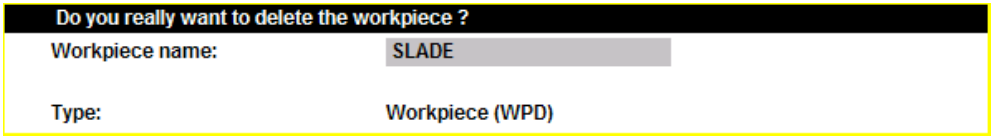


Copy <F2> - kopiranje direktorija – pojavljuje se poruka:
Copied data can be inserted with SK «Paste»
Kopirani podaci se mogu umetnuti pomoću funkcijske tipke Paste

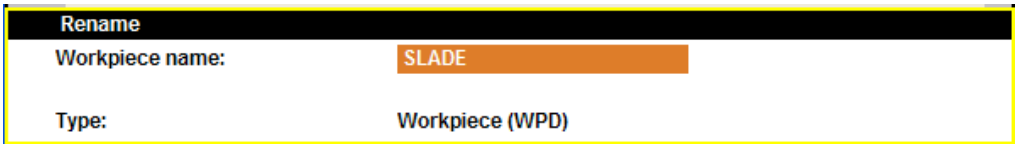
Paste <F3> - umetanje direktorija – pojavljuje se prozor u kojem se treba upisati ime novog direktorija i potvrditi <F8> ili odustati <F7>



Delete <F4> - brisanje direktorija – pojavljuje se prozor u kojem se treba potvrditi brisanje odabranog direktorija<F8> ili odustati <F7>.



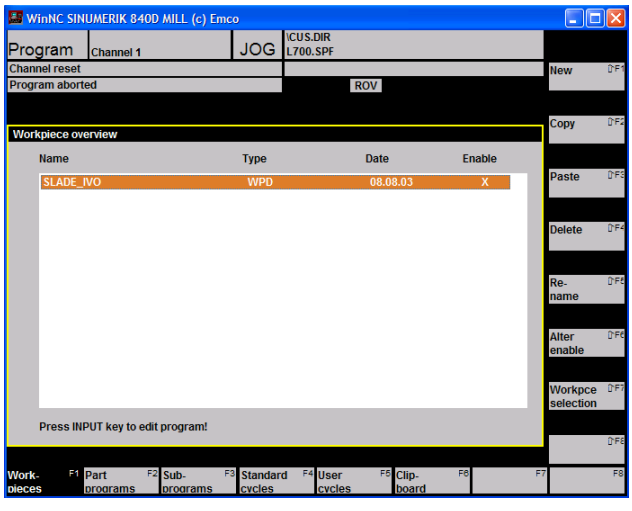
Rename <F5> - preimenovanje direktorija – pojavljuje se prozor u kojem se treba upisati novo ime direktorija i potvrditi <F8> ili odustati <F7>



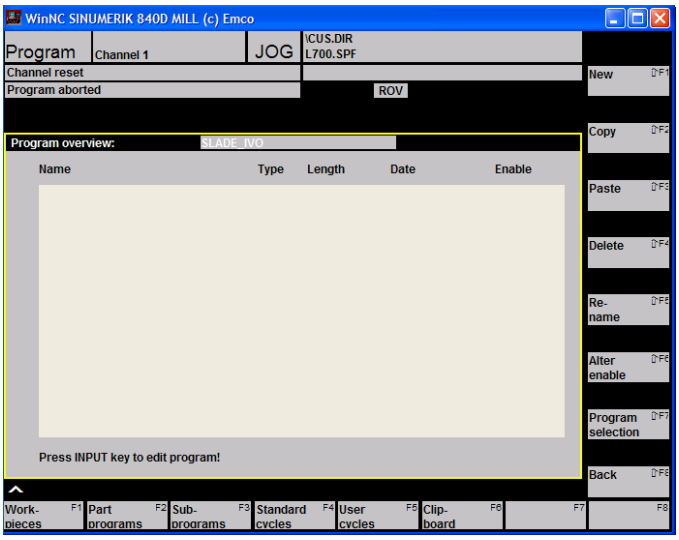
Alter enable <F6> - omogućiti mijenjanje oznakom «X». Ako je oznaka X u koloni Enable tada se može raditi u tom direktoriju i mijenjati sve prema potrebi.

Workpeace selection <F7> - omogućiti izbor direktorija izratka.

Po upisu imena direktorija otvara se novi prozor (slika) u koji je novom direktoriju uključeno **ime.WPD**.



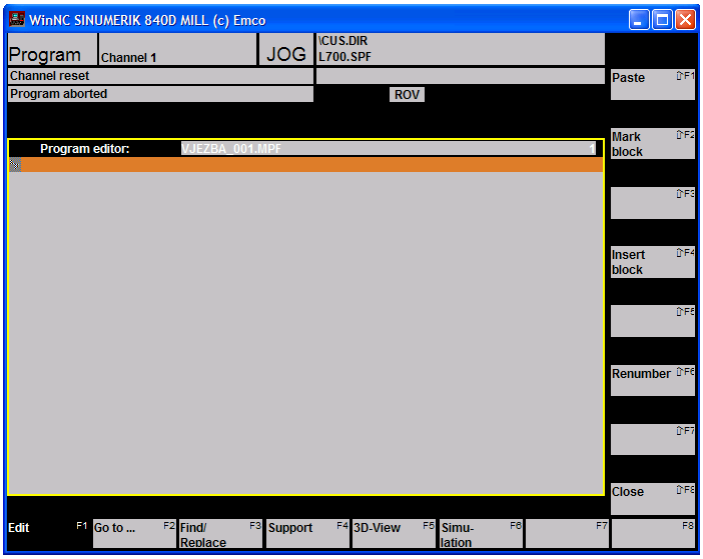
Pritiskom na INPUT tipku ili dvostrukim klikom miša po nazivu direktorija otvara se prozor u kojem je moguće pisati programe **ime.MPF** (slika)



Korištenjem vertikalnih funkcijskih tipki moguće je pisati novi program **New** <F1>, kopirati **Copy** <F2>, umetati **Paste** <F3>, brisati **Delite** <F4>, preimenovati **Rename** <F5>, dozvoliti ili zabraniti mijenjanje **Alter enable** <F6>, birati programe **Program selection** <F7>, ili se vratiti u prijašnji prozor **Back** <F8>.

Po otvaranju novog programa (**New** <F1>) upisuje se njegovo **ime.MPF** i otvara se slijedeći prozor (slika)

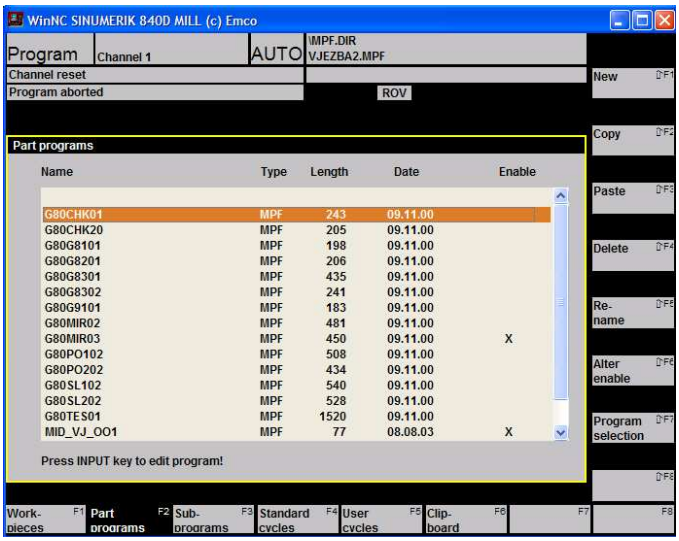
Pisanje komandi novog programa moguće je u označenom redu (slika).



Vertikalnim funkcijskim tipkama moguće je umetati **Paste** <F1>, označavati blok **Mark block** <F2>, umetati blok **Insert block** <F4>, prenumerirati **Renumber** <F6>, zatvoriti **Close** <F8>, dok horizontalne funkcijske tipke omogućuju uređivanje **Edit** <F1>, skok na **Go to** <F2>, nađi i zamijeni **Find/Replace** <F3>, podrška **Support** <F4>, te 3D ili 2D simulaciju izvršavanja programa **3D-View** <F5> ili **Simulation** <F6>.

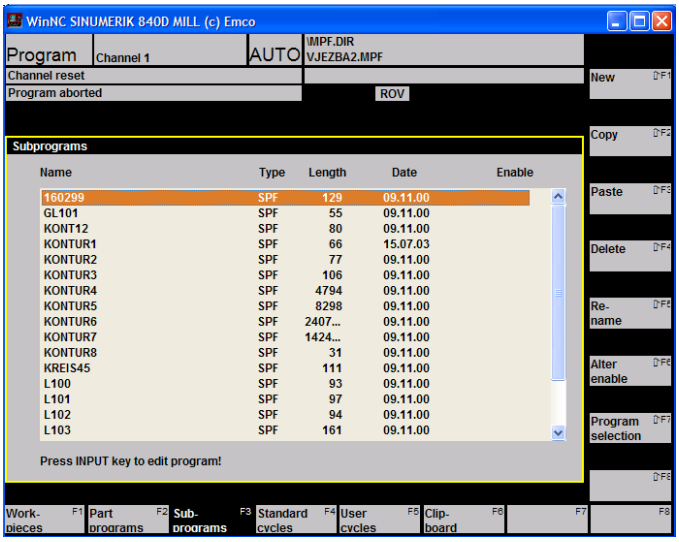
Simulacija programa biti će detaljno objašnjena u 3. i 4. poglavlju.

2.8.2. Part programs <F2> – prozor za pisanje pojedinih programa:



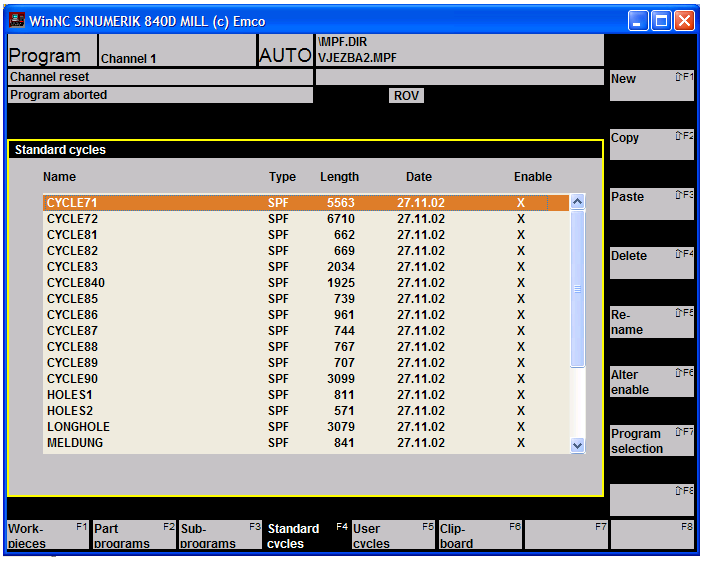
Sve naredbe koje vrijede u modu Workpieces vrijede u ovom modu (slika).

2.8.3. Subprograms <F3> – prozor za korištenje postojećih podprograma te za pisanje novih podprograma:



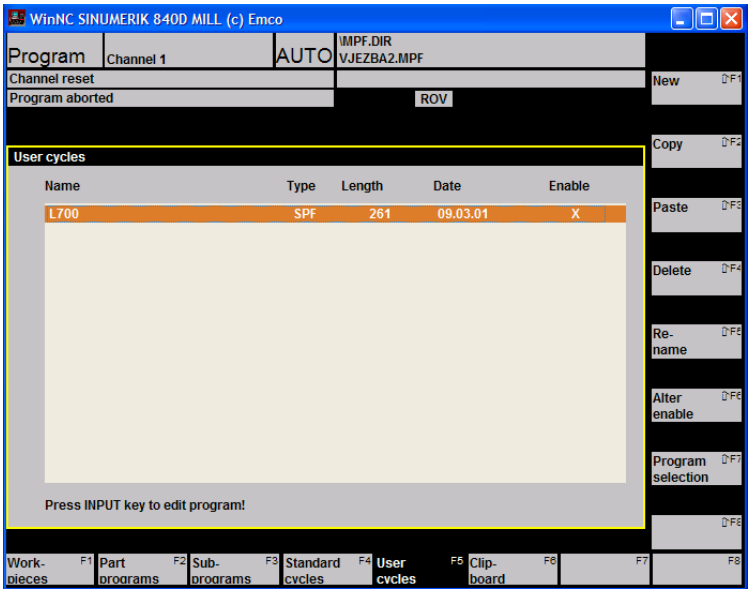
Sve naredbe koje vrijede u modu Workpieces vrijede u ovom modu (slika).

2.8.4. Standard cycles <F4> – prozor za korištenje i pisanje standardnih ciklusa:



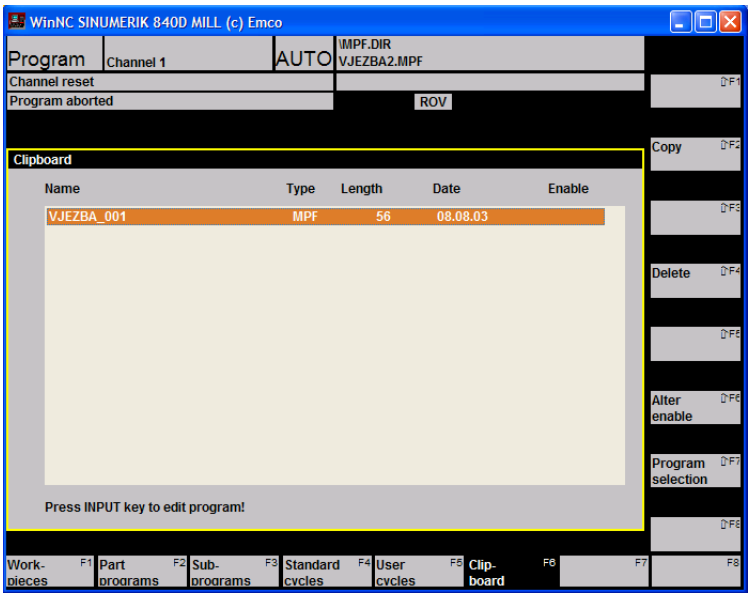
Sve naredbe koje vrijede u modu Workpieces vrijede u ovom modu (slika).

2.8.5. User cycles <F5> – prozor za korištenje i pisanje specijalnih osobnih ciklusa često potrebnih u radu:



Sve naredbe koje vrijede u modu Workpieces vrijede u ovom modu (slika).

2.8.6. Clipboard <F6> – prozor za privremeno spremanje pojedinih programa:



Sve naredbe koje vrijede u modu Workpieces vrijede u ovom modu

2.9. Radno područje *SERVICES*

Ovo radno područje se upotrebljava za učitavanje podataka (programa) i slanje podataka preko interface COM1-COM4, kao i za printanje podataka (tipka PRINT) i prijenos podataka u disk (sa diska) preko tipke DRIVE.
Za prenošenje podataka postavljanje (settings) pošiljatelja (sender) i primatelja (reciever) moraju biti ista, inače prijenos neće raditi.
Sa EMCO Win NC možete poslati podatke samo preko interface RS 232 C User-a.

2.9.1. Učitavanje podataka (*Read-in data)*

- pritisnite tipku DRIVE i izaberite npr. Floppy (disketa)
- izaberite izvorne podatke sa tipkom RS 232 C User u DRIVE.
- Pritisnite tipku DATA IN
- Postaviti kursor na željeni direktorij sa liste
- Sa tipkom ^ možete se vratiti u glavni direktorij
- pritisnite tipku START(počinje učitavanje) i svi podaci bit će napisani u prethodno definirani direktorij
- tipka STOP prekida učitavanje
- samo podaci sa valjanim nastavkom (npr. .MPF) mogu se učitati

2.9.2. Slanje podataka (*send data)*

- izaberite podatke sa tipkom RS 232 C User u DRIVE
- pritisnite tipku DATA OUT
- mogu se poslati slijedeći tipovi podataka:
  - Data (podaci o alatima, R parametri, nul točke)
  - Workpieces
  - Part programs (glavni programi)
  - Subprograms (podprogrami)
  - User cycles (korisnički ciklusi)
  - Standard cycles (Standardni ciklusi)
- izabrati podatke koje želite poslati (postaviti kursor na željeni podatak)
- npr. Kursor je postavljen na Workpieces. Kada pokrenete TRANSMISSION svi podaci iz File-a Workpieces će se poslati
- pritisnuti INPUT i lista Workpiece-a će se pojaviti na ekranu i može se izabrati određeni program
- pritisnite tipku START
- pritisnite tipku STOP

2.9.3. Kopiranje i lijepljenje podataka iz CLIPBOARD-a

U međuspremniku mogu biti pohranjeni svi tipovi podataka i mogu se sortirati u odgovarajuće direktorije (MPF,DIR,SPF i dr.)

- pritisnuti tipku Clipboard
- postaviti kursor na file u prozoru clipboarda (donji prozor)

- postaviti kursor u gornji prozor (target window)
- postaviti kursor na željeni direktorij (u taj direktorij će se upisati file iz clipbourda)
- pritisnuti tipku COPY i PASTE
- zadržati staro ime ili unijeti novo
- potvrditi sa OK (file se kopira u target direktorij)

2.10. Radno područje *DIAGNOSIS*

Ovo područje prikazuje alarme i poruke u punoj formi i to:

- Broj alarma (Alarm number)
- Datum kada se alarm dogodio (Date)
- Brisanje alarma (Delete criteria)
- Opis alarma (Text)

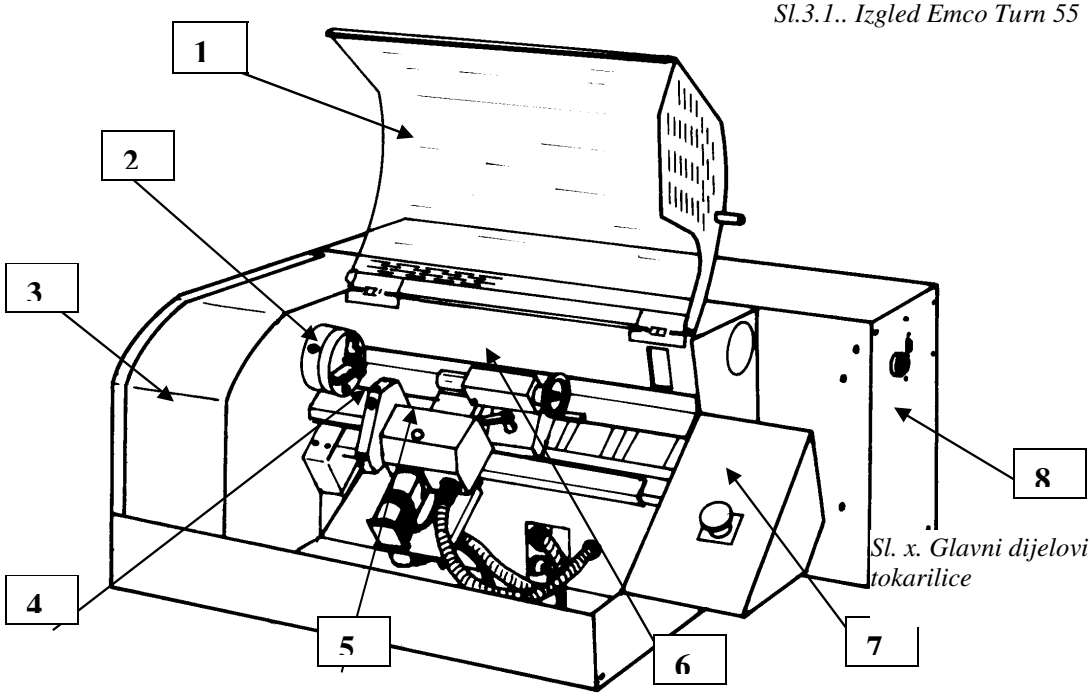
U priručniku Software Description EMCO Win NC detaljno su opisani svi alarmi i poruke.

3. PROGRAMIRANJE CNC TOKARILICE

U ovom poglavlju detaljnije ćemo se upoznati sa strojem EMCO TURN 55 – školskom CNC tokarilicom, njenim karakteristikama, naredbama za programiranje, te ćemo na primjerima pokazati kako se programira. Tehnika izrade programa je naravno ista ili slična i za ostale strojeve.

3.1. Karakteristike CNC školske tokarilice EMCO TURN 55

Sl.3.1.. Izgled Emco Turn 55



Sl. x. Glavni dijelovi tokarilice

1 – zaštitni poklopac stroja
2 – stezna glava – amerikaner
3 – glavni pogon
4 – nosač alata – revolverska glava
5 – istosmjerni –posmični motor
6 - konjić
7 – sigurnosna sklopka
8 – električni dio stroja

Tehnički podaci stroja EMCO Turn 55

Radni prostor

visina centra (između središta stezne glave i klizača)	mm	65
max. razmak između centara (amerikaner – konjić)	mm	280
max. dužina izratka	mm	215
max. promjer izratka	mm	Φ52
korisni poprečni pomak alata	mm	48
korisni uzdužni pomak alata	mm	236
Glavno vreteno		
otvor kroz glavno vreteno	mm	Φ16
promjer stezne glave - amerikanera	mm	Φ74
broj okretaja glavnog vretena	o/min	120 - 4000
okretni moment na glavnom vretenu	Nm	max. 14
Pogonski motor		
trofazni asinhroni motor		
nominalna brzina motora	o/min	1400
snaga motora	W	750
Posmični motori		
radni posmak - hod	mm/min	0-2000
brzi hod	mm/min	2000
max. posmična sila	N	1000
Nosač alata – revolverska glava		
broj alata (4 vanjska i 4 unutarnja)		8
poprečni presjek vanjskih alata	mm	12x12
provrt za unutarnje alate	mm	Φ10
Konjić		
promjer šiljka	mm	22
pomak šiljka	mm	35
konus konjića		MT1
Dimenzije stroja , težina		
visina osi rotacije i poda	mm	320
ukupna dužina x ukupna širina x ukupna visina	mm	840x696x395
ukupna težina stroja	kg	85

Zbog male snage stroja i čuvanja alata preporučuju se obrađivati mekši materijali (obojeni metali – Al, mesing…,plastika, drvo).
Ovo je edukacijski stroj i na njemu se ne provodi proizvodnja dijelova. Tako da se preporučeni režimi rada odnose isključivo na aluminij.
U prilogu se nalazi tablica režima rada i za ostale materijale.

3.2. Određivanje režima rada

1. brzina rezanja v [m/min]

$v = D \pi n / 1000$ (1)

v [m/min] - brzina rezanja
D[mm] - promjer izratka (alata)
S[o/min] - broj okretaja glavnog vretena

Maksimalno dozvoljena brzina rezanja ovisi o:

- **materijalu izratka –** što je veća čvrstoća materijala to je manja brzina rezanja
- **materijalu alata -** alati sa oštricama od tvrdog metala podnose veće brzine rezanja od brzoreznog čelika (HSS)
- **vrijednosti posmaka** - što je veći posmak manja je brzina rezanja
- **dubini rezanja** - što je veća dubina rezanja manja je brzina

Preporučene brzine rezanja za EMCO MILL55

- aluminij ……..44m/min
- žilavi sintetički (plastični) materijali 35m/min
- tvrdi plastični materijali …….25m/min

Preporučeni režimi rada za aluminij kod EMCO TURN 55

- brzina rezanja za tokarenje ……150-200 m/min
- brzina rezanja za odsijecanje (utore) ..60-80 m/min
- posmak za tokarenje ……0.02-0.1 mm/o
- posmak za odsijecanje …….0.01-0.02 mm/o

2. broj okretaja S [o/min]
glavnog vretena

- može se izračunati iz jednadžbe (1) a ovisi promjeru izratka (alata) i brzine rezanja

3. posmak F

Kod glodalice posmak se izražava u mm/min, a kod tokarilice u mm/o

F [mm/min] =S [o/min] x F [mm/o]

Za pravilno rukovanje strojem potrebno je proračunati režime rada koje preporuča sam proizvođač stroja čime se čuva alat od zatupljenja i oštećenja.
Postoje danas i gotovi dijagrami za izbor parametara režima rada koji olakšavaju i ubrzavaju izbor traženih parametara (vidi slike u prilogu).

3.3. Struktura programa Sinumerik 840D

PROGRAM je izraz pod kojim se podrazumijeva niz naredbi koje se daju upravljačkoj jedinici numerički upravljanog stroja da bi on obavio unaprijed zamišljene radnje.

Svaki program sadrži «**programski broj**» po kojem se razlikuju različiti programi, npr. kod ove tokarilice to je broj % 01, % 13, %25 itd. Svrha je ovog broja da se identični programi, koji se često koriste, mogu pohraniti kao potprogrami i kao takvi mogu se pozvati u glavni program, čime se pojednostavljuje programiranje.

Program se može raščlaniti na manje cjeline koje imaju svoju namjenu i podliježu zakonitosti unutar programa. Svaki redak programa naziva se **BLOK** ili programska rečenica. Blok se sastoji od **RIJEČI (npr. G90)** a riječi od **ADRESE** i pripadajuće brojčane vrijednosti.
Tokarilica «EMCO» ima 5 adresa :

1. N adresa –određuje redni br. bloka, koji se može pisati u jedinicama (1,2,3,4,5…)ili deseticama npr. (10,20,30,40,50…)
2. G funkcije – glavne funkcije – funkcije koje kazuju način kretanja alata (brzi hod, radni hod…)
3. Koordinate X – definira veličinu pomaka alata u smjeru promjera izratka
   Z - pomak alata u smjeru osi izratka
4. Pomoćne koordinate I,K – definiraju kružno gibanje alata
5. Pomoćne funkcije F (feed) – posmak, S (speed) – broj okretaja vretena, T (tool) – alat, M – pomoćna funkcija (uključenje, isključenje vretena…)

Red. broj	Način kretanja	Koordinate		Pomoćne koordinate		Pomoćne funkcije	Napomena
N	**G**	**X**	**Z**	**I**	**K**	**F,S,T,M**	

Struktura programa se sastoji od :

Broja programa
Uvodnih funkcija
Programskih cjelina - ovisno o programskim koracima (operacijama)
Završetka programa

Uvodne funkcije
To su naredbe koje vrijede za cijelo vrijeme izvršavanja programa. Najčešće su to naredbe:
G70 mjerni sustav u inchima ili **G71** mjerni sustav u milimetrima
G90 apsolutni mjerni sustav ili **G91** inkrementni mjerni sustav
G54 – **G57** određene nul točke
Sistemski je određeno da su postavne vrijednosti naredbi **G90** i **G71**.

Programske cjeline
Programske cjeline smatraju se naredbe pojedinih dijelova programa koje su potrebne da se s nekim alatom obradi predviđeni dio izratka.

Završetak programa
Naredba **M30** označava završetak glavnog programa.

Pravila po kojim se pišu programske rečenic*e* – *SINTAKSA*

1. Svaka programska riječ ostaje pravovaljana toliko dugo dok je ne zamijenimo novom (modalnost funkcije)
2. Svaka programska rečenica - blok mora biti u svojem redu.

3. Nakon izabrane glavne funkcije slijede, po potrebi, riječi dopunskih parametara upravljanja, jedna iza druge, uvijek odvojene najmanje jednim praznim mjestom
4. Dozvoljeno je pisanje komentara koji se odvajaju znakom ; (točka-zarez)

3.4. Osnovne naredbe kod programiranja

3.4.1. Popis glavnih funkcija – G funkcije

Naziv funkcije	Opis funkcije – značenje funkcije
G0	Brzi hod
G1	Radni hod
G2	Kružno gibanje u smislu kazaljke na satu
G3	Kružno gibanje suprotno kazaljci na satu
G4	Vrijeme zastoja
G9	Kružna interpolacija kroz točku
G17	Izbor radne površine - XY
G18	Izbor radne površine - XZ
G19	Izbor radne površine - YZ
G25	Minimalno programirani radni prostor/broj okretaja radnog vretena
G26	Maksimalno programirani radni prostor/ broj okretaja rad. vretena
G33	Narezivanje navoja sa konstantnim korakom
G331	Urezivanje navoja
G332	Urezivanje navoja – povratno gibanje
G40	Isključenje kompenzacije radijusa alata
G41	Lijeva kompenzacija radijusa alata
G42	Desna kompenzacija radijusa alata
G53	Isključenje pomaka nul točke
G54-G57	Postavljanje – pomak nul točke
G63	Urezivanje navoja bez sinkronizacije
G64	Mod izrade konture
G70	Mjerni sustav u inčima
G71	Mjerni sustav u milimetrima
G90	Apsolutni mjerni sustav
G91	Inkrementalni mjerni sustav
G94	Posmak u mm/min (inch/min)
G95	Posmak u mm/o (inch/o)
G96	Konstantna brzina rezanja
G97	Konstantna brzina rezanja isključena
G110	Polarna koordinata - pol postavljen u zadnjoj točki u koju je stigao alat
G111	Polarna koordinata – pol postavljen u točku W ?
G112	Polarna koordinata – pol postavljen relativno u odnosu na zadnji pol
G147	Prilaz alata prema predmetu pravocrtno
G148	Odmicanje alata od predmeta pravocrtno
G247	Prilaz alata prema predmetu sa radijusom od četvrtine kružnice
G248	Odmicanje alata od predmeta sa radijusom od četvrtine kružnice

G347	Prilaz alata predmetu sa radijusom od pola kružnice
G348	Odmicanje alata od predmeta sa radijusom od pola kružnice
G450/G451	Prilaženje i odmicanje alata oko konturne točke

3.4.2. Pomoćne funkcije – M funkcije

Naziv funkcije	**Opis funkcije – značenje funkcije**
M0	Programirano zaustavljanje/stop
M1	Optimalni stop
M2	Kraj programa
M2=3	Rotacija alata desno
M2=4	Rotacija alata lijevo
M2=5	Isključena rotacija alata
M3	Rotacija vretena udesno (u smislu kazaljke na satu)
M4	Rotacija vretena u lijevo (u smislu suprotno kazaljci na satu)
M5	Zaustavljanje vretena
M6	Izmjena alata – rotacija revolverske glave
M8	Uključenje rashladnog sredstva
M9	Isključenje rashladnog sredstva
M17	Kraj potprograma
M20	Pomicanje konjića unazad
M21	Pomicanje konjića naprijed
M25	Otvaranje čeljusti škripca
M26	Zatvaranje čeljusti škripca
M30	Kraj programa

3.4.3. Ciklusi

CIKLUSI BUŠENJA – Drilling cycles	
Cycle 81	Drilling ,Centering – Obično bušenje
Cycle 82	Drillling, Counterboring – Bušenje sa zastojem
Cycle 83	Deep hole drilling – Duboko bušenje
Cycle 83 E	Duboko bušenje bez izbora ravnine bušenja sa programiranim smjerom
Cycle 84	Rigid tapping – Urezivanje navoja – samo za TURN 155
Cycle 84 E	Urezivanje navoja bez izbora ravnine sa programiranim smjerom
Cycle 840	Urezivanje sa kompenzacijom stezne glave
Cycle 85	Borring 1 – bušenje bušačkom motkom
Cycle 86	Borring 2
Cycle 87	Borring 3
Cycle 88	Borring 4
Cycle 89	Borring 5
CIKLUSI ZA TOKARENJE – Turning cycles	
Cycle 93	Grooving cycle – ciklus izrade utora
Cycle 94	Undercut cycle – ciklus podrezivanja
Cycle 95	Stock removal cycle – ciklus konturnog tokarenja
Cycle 96	Thread undercut cycle – ciklus podrezivanja za izradu navoja

Cycle 97	External thread – ciklus izrade vanjskog i unutarnjeg navoja
Cycle 98	Chaining of threads – ciklus povezivanja navoja

3.5. POZICIONIRANJE BRZIM HODOM I LINEARNO GIBANJE RADNIM POSMAKOM

G 00 (G0) X…Z… -gibanje brzim hodom

G 01 (G1) X…Z…F… - linearno gibanje radnim hodom

Pozicioniranje brzim hodom jest gibanje brzinom brzog hoda iz trenutnog položaja alata u položaj definiran koordinatama X, Z. Brzina brzog hoda definirana je samim strojem i iznosi npr. 2000 mm/min .
Takav način pozicioniranja upotrebljava se za brzi prilaz nekoj točki radi smanjenja ukupnog vremena izrade. G00 funkcija može se koristiti samo kad se odmičemo ili primičemo predmetu obrade izvan konture predmeta , dakle u pozitivnoj osi X i Z.

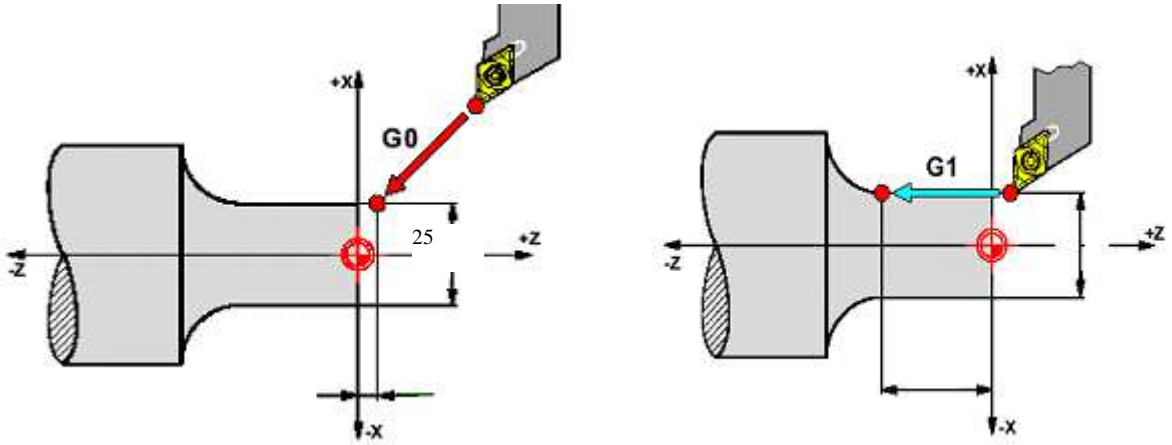
Linearno gibanje radnim posmakom određuje gibanje vrha oštrice alata najkraćim putem iz trenutnog u novi položaj zadan koordinatama X,Z. Brzina radnog hoda ili kako se često kaže posmična brzina, zadana je funkcijom F . Podaci za izbor posmične brzine nalaze se u odgovarajućim priručnicima – tablicama a ovise o materijalu obrade, materijalu alata, kvaliteti obrađene površine i dr.
G01 funkcija je najčešća funkcija gibanja alata i s njom se mogu izvoditi razne operacije kao npr.

- uzdužno tokarenje - vanjsko i unutrašnje
- poprečno (čeono) tokarenje - vanjsko i unutrašnje
- tokarenje konusa[5]
- konturno (završno) tokarenje

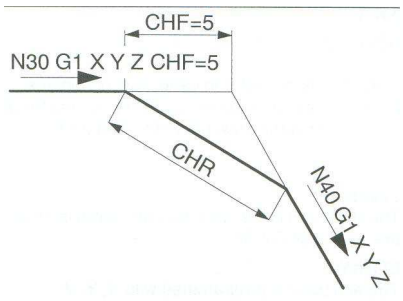
30

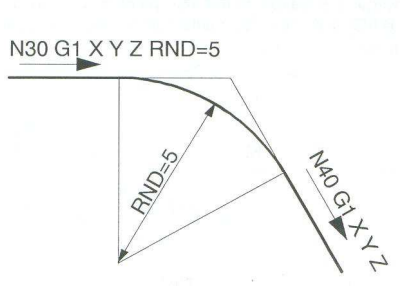
N50 G0 X25 Z5 LF

N60 G1 X25 Z-30 LF



Sl. 3.5. Ispis bloka kod G0 i G1 naredbe





Kod naredbe G1 u istom bloku može se ako je potrebno upisati i **F** – posmak¸
Koordinate po X osi upisuju se u promjerima ako programiramo u apsolutnom koordinatnom sustavu.
Kod naredbe za pravocrtno gibanje **G0** ili **G1** moguće je umetnuti **zakošenje** ili **zaobljenje**.

Naredbe:

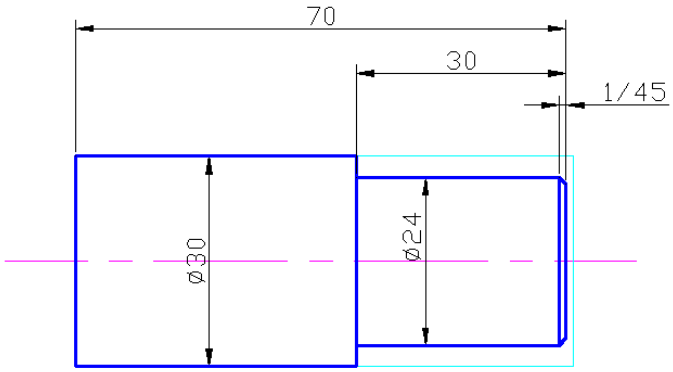
G1 X… Y… CHF…
G1 X… Y… CHR…
G1 X… Y… RAD…

Zakošenje će biti umetnuto nakon bloka u kojem je napisano. Uvijek se nalazi u G17 ravnini. Umetnuti će se simetrično u konturi kuta.

Zaobljenje će se biti umetnuto nakon bloka u kojem je napisano. Uvijek se nalazi u G17 ravnini. Umetnuti će se u konturi kuta sa tangencijalnim spojem.

3.5.1. vježba 1. – Izrada programa za VRATILO 1 (funkcije G0 i G1)

U slijedećoj vježbi detaljno ćemo opisati programiranje jednostavnog vratila koristeći funkcije G0 i G1. Za izradu programa kao što smo u uvodu rekli potrebno je izraditi operacijski list i plan rezanja kao najvažniju dokumentaciju.



Sl. 3.5.1. Crtež Vratila 1

Alat ćemo pozvati iz referentne točke R koja je odmaknuta od čela obrađenog predmeta za koordinatu X100, Z100.
Prije samog programiranja načinit ćemo plan rada ili tzv. operacijski list, tj. tabelarno ćemo prikazati redoslijed operacija tokarenja, potrebne alate za pojedinu operaciju, te režime rada.
U operacijskom listu smo predvidjeli dva noža T2 i T4 (gruba i fina obrada). Tokarilica Emco Turn 55 nema nož za grubu obradu već se sve operacije izvode sa finim nožem.

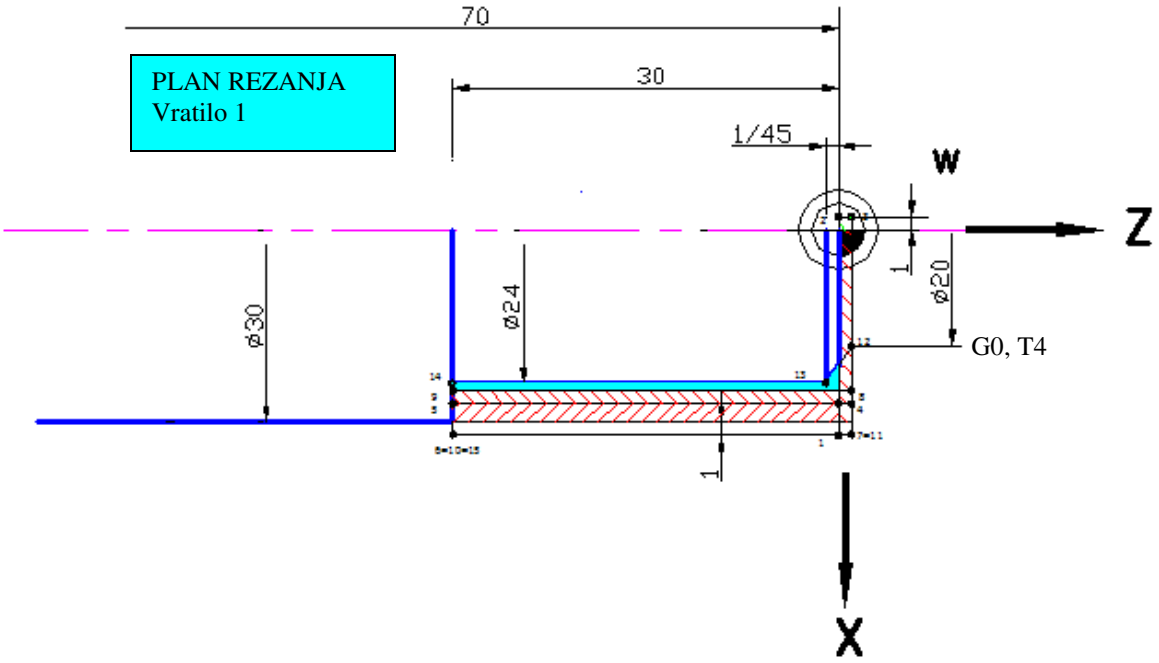
Neka npr. naš operacijski list izgleda kao u tabelarnom prikazu na slici sa slijedećim podacima:

Red. broj	Opis zahvata-operacije	Alat	Posmak mm/o	Broj okret. o/min
1.	Čeono tokarenje	T02	0.1	1200

2.	Vanjsko uzdužno tokarenje	T02	0,1	1200
3.	Konturno (fino) tokarenje	T04	0.1	1600

G0, T2

Plan rezanja neka izgleda k G0, T2 njoj slici. Na njemu su označene karakteristične točke gibanja vrha oštrice alata (vanjski desni), koji skida tanke slojeve materijala (1mm). Kod realnih (produkcionih) strojeva debljine rezanja su puno veće. U ovoj vježbi učenik će samostalno rješavati zadatak uz detaljne prethodne upute.



Zadatak i kratka uputa za rješenje:

Načinite CNC program za VRATILO 1 . Program napišite u predviđeni obrazac za ispis programa u knjizi a nakon toga upišite ga na računalo (vidi poglavlje 2.8 PROGRAM –str. 36-38). Nakon upisa programa izvršiti simulaciju i korigirati eventualne greške.
Za sve nejasnoće obratite se nastavniku nakon što ste prostudirali slijedeće upute.

1. proanalizirajte plan rezanja i gibanje alata od početne točke 1 do kraja obrade
2. pod red. brojem bloka N10 unesite funkciju G54 koja uspostavlja vezu između M i W.
3. u N 20 bloku brzim hodom otiđite u R točku na koordinate X100 Z100
4. u N30 bloku definirajte slijedeće pomoćne funkcije – izbor prvog alata (T2), mjesto za upis korekcije alata (D1), pomoćnu funkciju za izbor alata (M06),smjer okretaja (M3).
5. u N40 bloku odredite režime rada prema predviđenom operacijskom listu (S,F)
6. u N50 bloku brzim hodom dovedite alat u početnu točku 1 za poravnavanje čela (točka se nalazi ispod konture na koordinati X32 , Z0)
7. u daljnjim blokovima čeono tokarimo sporim hodom (2), odmičemo alat (3-4) i uzdužno skidamo slojeve materijala (5-10). Prvi sloj je debljine 1.5 mm, a drugi 1mm. Kada smo izvan materijala koristimo brzi hod a kada smo u materijalu i vršimo obradu koristimo spori hod.

8. nakon što smo grubo istokarili iz točke 10 brzim hodom odlazimo na poziciju za izmjenu alata (npr. X50 Z50), zaustavljamo glavno vreteno (M5) i definiramo novi alat za završno- konturno tokarenje T04, D1, M3.
9. u završnim blokovima dovodimo alat T4 do točke 12 i konturno tokarimo (12.-15)
10. na samom kraju odmičemo alat u poziciju izvan konture izratka (npr X50 Z50) i završavamo program funkcijom M30.

Red. br. bloka	**Funkcije programa**	**Napomena**

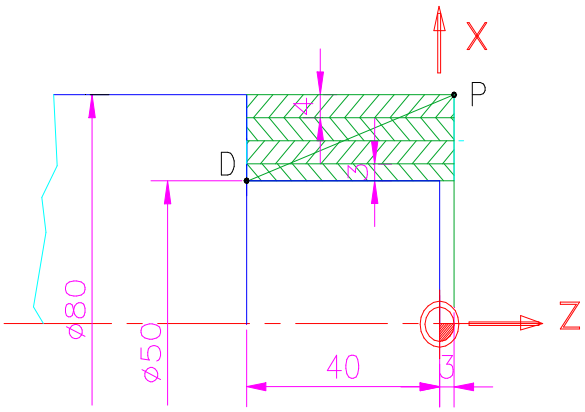
3.6. CIKLUS ZA UZDUŽNO (POPREČNO) TOKARENJE

U postupku uzdužnog (poprečnog) tokarenja često se ponavljaju cikličke radnje pomicanja oštrice alata. Tipičan ciklus sastoji se od pomicanja iz početne točke ciklusa radi zauzimanja dubine rezanja, tokarenja uzdužnog (poprečnog), vraćanje nazad za dubinu rezanja i povratka u početnu točku ciklusa.
Neki programi koriste funkciju ciklusa G84 za ciklično uzdužno (poprečno) tokarenje gdje se zadaje dijagonalna točka ciklusa i debljina reza, dok upravljačka jedinica sama izračunava zadnji rez da bi se postigla tražena X koordinata.

Primjenom G84 funkcije znatno se skraćuje program i olakšava programiranje, osobito u slučajevima tokarenja u više prolaza.
Funkcija G84 omogućava i cikličko tokarenje konusa.
Donje slike prikazuju potrebne parametre za opis ove funkcije.

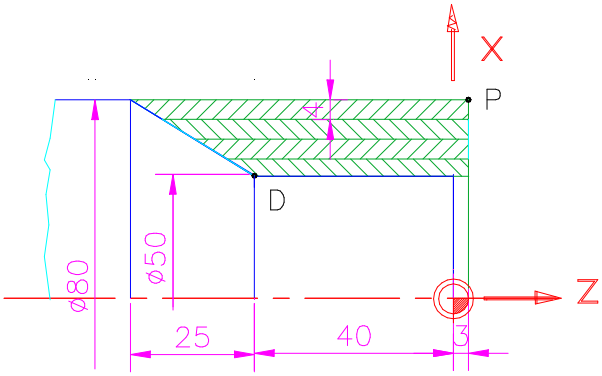
Emco Turn 55 nema ovu funkciju već koristi funkciju Stock removal

Ova funkcija koristi se kod npr. EMCOTRONIC T1 CNC tokarilice.



CIKLIČKO TOKARENJE SA OKOMITIM IZLAZOM

G00 X80.000 Z3.000 – koordinate početne točke (P)
G84 X50.000 Z–40.000 D3=4000 F250
X, Z – koordinate dijagonalne točke ciklusa (D)
D3 –debljina reza u m, F –posmak u m/o



CIKLIČKO TOKARENJE SA KONUSNIM GIBANJEM

G00 X80.000 Z3.000
G84 X50.000 Z– 40.000 P2 = -25.000 D3 = 4000 F250
X,Z – koordinate dijagonalne točke ciklusa
P2 – dužina konusa u Z pravcu
D3 – debljina reza u m, F - posmak u m/o

3.7. KRUŽNA GIBANJA ALATA

CNC tokarilica omogućuje tokarenje zaobljenja (radijusa) i prijelaznih polumjera koristeći dvije funkcije:

G02 (G2) – kružno gibanje u smjeru kazaljke na satu (desno)
G03 (G3) – kružno gibanje u smjeru suprotnom kazaljci na satu (lijevo)

Format (blok) N…/ G02(G03) /X…/Z…/I…/K…

X, Z – koordinate ciljne (konačne) točke radijusa u osi X i Z
I - koordinata središta radijusa mjerena od početne točke A u osi X
K - koordinata središta radijusa mjerena od početne točke A u osi Z

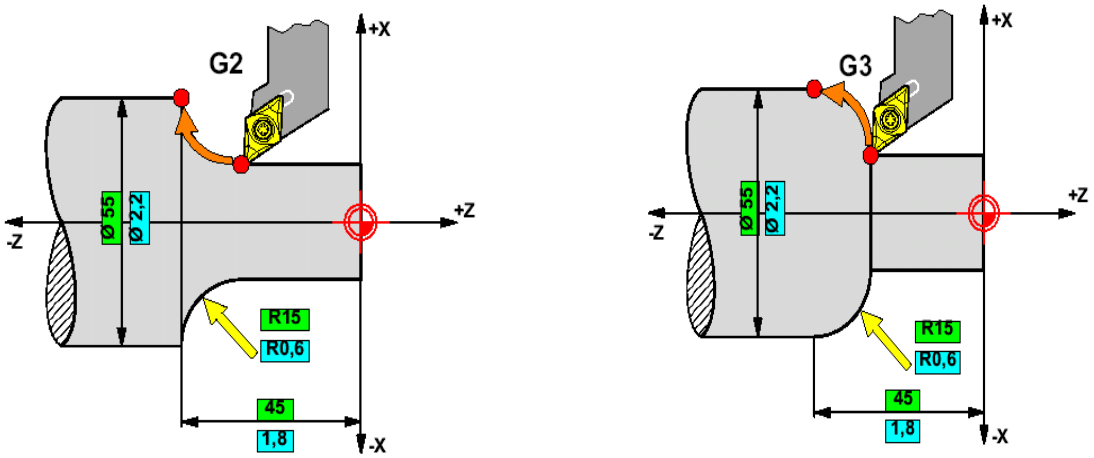
Predznak I ,K

Pogled iz početne točke A prema S (središte radijusa) u +Z= +K
Pogled iz početne točke A prema S u –Z=-K
Pogled iz A u S u smislu povećanja radijusa =+I
Pogled iz A u S u smislu smanjenja radijusa =-I

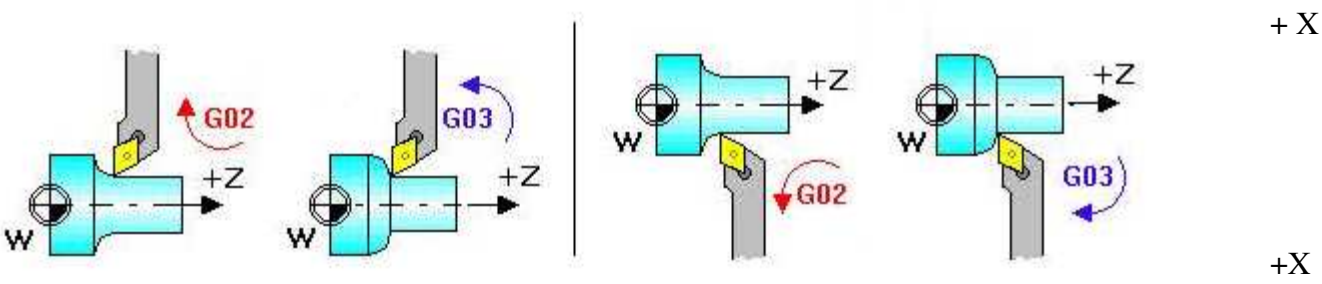
Koordinate središta radijusa (kružnice) programiraju se inkrementalno!

Kratka uputa za programiranje G02, G03

1. dovesti nož u početnu točku
2. odrediti smjer rotacije za stražnju – prednju postavu noža G02 ili G03 (uočite da su za prednju postavu noža – nož ispod simetrale, obrnute funkcije – vidi sliku !)
3. definirajte ciljne točke radijusa (u promjeru i dužini) – koordinate X,Z
4. odredite koordinate središta radijusa I, K (razmak središta u X i Z osi) – pripazite na predznak I i K



Sl. X. Primjena funkcije G2/G3

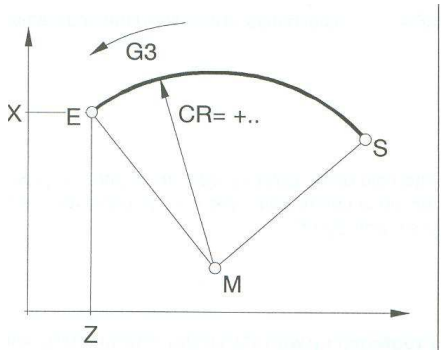


Sl. X. Funkcije G2/G3 sa postavom noža gore/dolje

Emco tokarilica nudi nekoliko različitih načina programiranja kružnih gibanja:

3.7.1. **Programiranje početnom točkom (S -start), krajnjom točkom (E -end) i radijusom kružnice (CR)**:

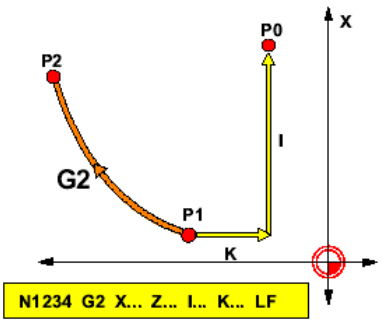
Naredbe:
G2 ili **G02 / G3** ili **G03** kružno gibanje u radnom hodu
Može biti zadano u pravokutnom koordinatnom sustavu kao:
G2 (ili **G3**) **X… Z… CR=±…**
X, Z – krajnja točka (**E**)
CR – radijus kružnice
CR=+ za kutove do 180°, CR= - za kutove preko 180°.

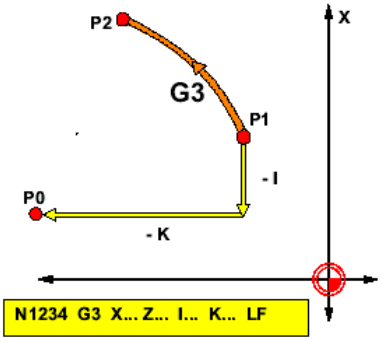


3.7.2. **Programiranje početnom točkom (A= P1), krajnjom točkom (B=P2) i točkom centra kružnice (S=Po):**

Naredbe:

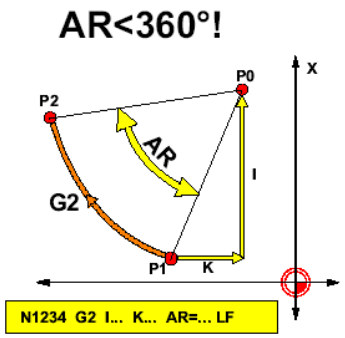
G02 ili **G02 / G3** ili **G03** kružno gibanje u radnom hodu (slika 8.3.4)
Može biti zadano u pravokutnom koordinatnom sustavu kao:
G2 X… Z… I… K…
X, Z – krajnja točka (**P2**)
I, K – koordinate centra kružnice (S) u inkrementnom sustavu
ili
I=AC(…), K=AC(…) u apsolutnom sustavu od radne nul točke (**0**)



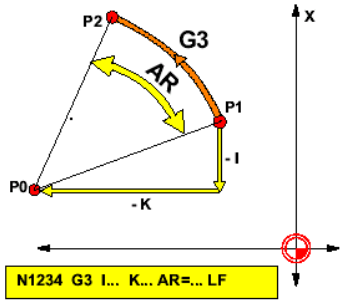


3.7.3. Programiranje početnom točkom (A=P1), krajnjom točkom (B=P2), točkom centra kružnice (S=Po) i kutom kružnog luka (AR):

Naredbe:

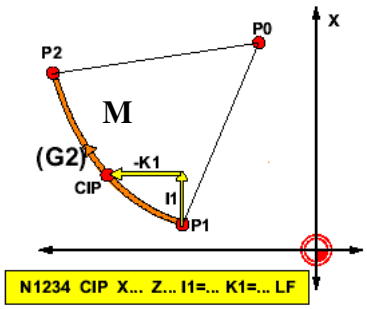


G02 ili **G02 / G3** ili **G03** kružno gibanje u radnom hodu (slika 8.3.5)
Može biti zadano u pravokutnom koordinatnom sustavu kao:
G3 X… Z… AR…
G3 I… K… AR…
X, Z – krajnja točka (**B**) slika 8.3.4
I, K – koordinate centra kružnice u inkrementnom sustavu
AR – kut kružnog luka

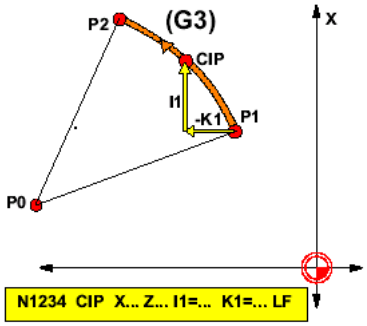


3.7.4. Programiranje s početnom točkom (A=P1), među-točkom (M), krajnjom točkom (B=P2):

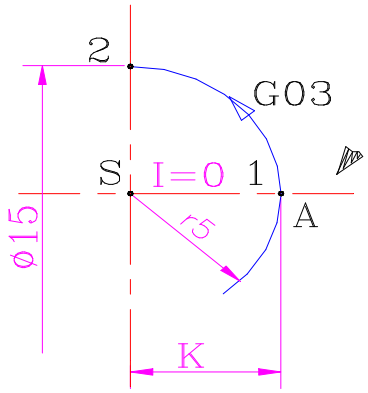
Naredbe:

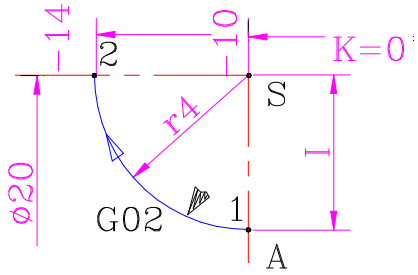


CIP kružno gibanje u radnom hodu (**CI**rcle through **P**oints) – kružnica kroz točke (slika 8.3.6)
Zadano je kao:
CIP X.. Z.. I1=.. K1=..
X, Z – krajnja točka (P2)
I1, K1 – koordinate među-točke kružnice



3.7.5. Kratki primjeri sa postavom noža odozgo

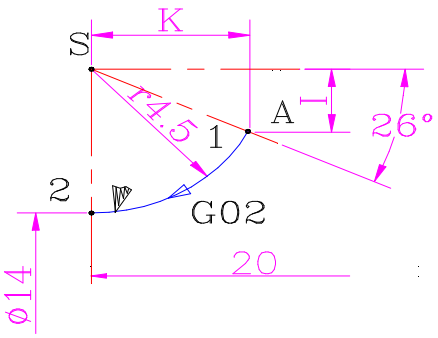




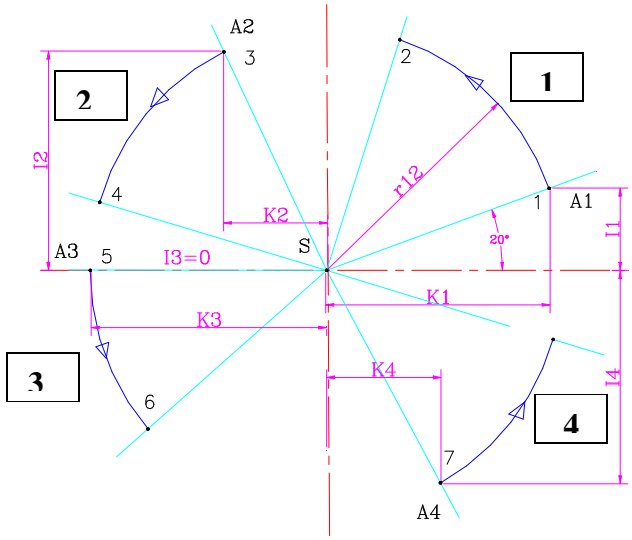
N…G03 X15 Z–5 I0 K–5
X20 Z–14 I4 K0

G02

Proračunajte koordinate I,K prema slici koristeći trigonometrijske funkcije!
Pripazite na predznak I i K!



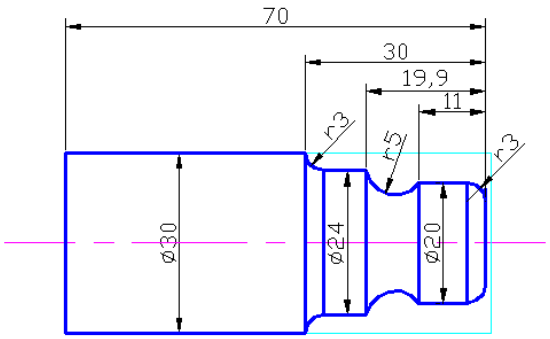
N… G 02 X –14 Z – 20 I ? K ?



Red. br.	Funkcija	X	Z	I	K	Napomena
1						
2						
3						
4						

3.7.6. vježba 2. – Izrada programa za VRATILO 2 (funkcije G2,G3)

Zadatak i kratka uputa za rješenje:

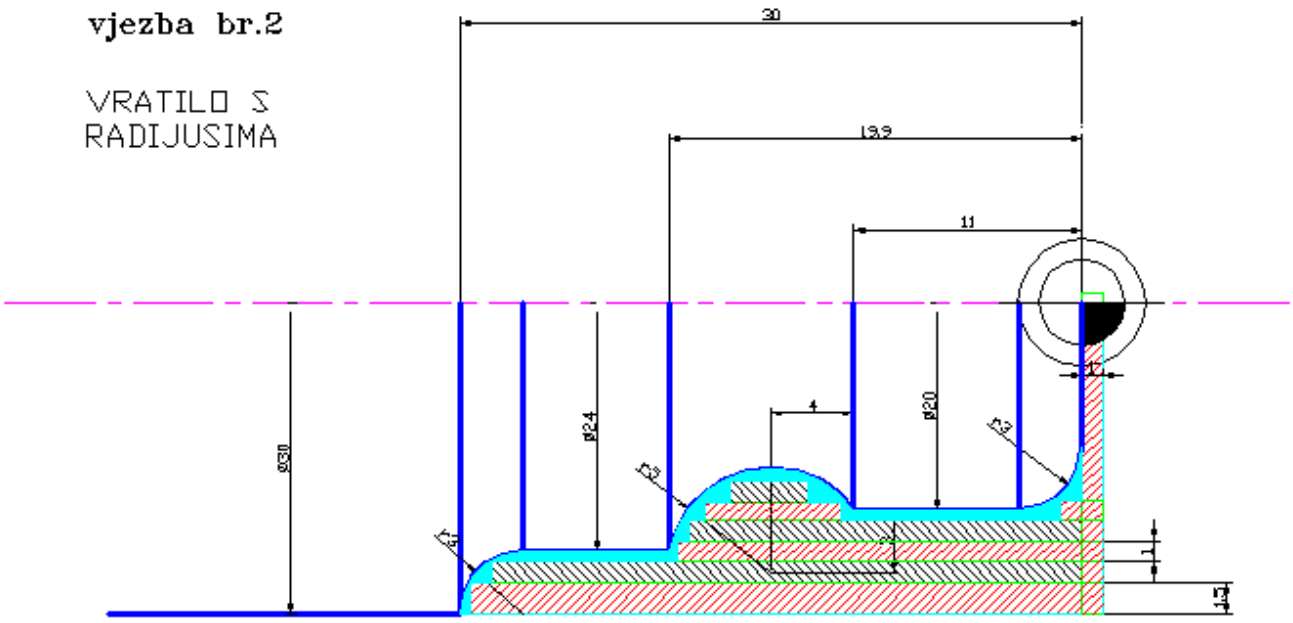


Načiniti program za izradu Vratila 2 na osnovu zadanog tehničkog crteža i razrađenog plana rezanja. Sami definirati operacijski list za aluminij na osnovu dijagrama režima rada u prilogu. Za sve nejasnoće obratiti se nastavniku.

Kod programiranja zaobljenih ploha sa radijusom prethodno se moramo približiti konturi izratka koristeći funkcije G0 i G01. Tek zadnjim rezom ili tzv. konturnim tokarenjem kada naiđemo na radijus primjenjujemo funkciju G02 ili G03. U slijedećem primjeru pokazat ćemo kako se to praktično radi. Možemo koristiti i funkcije ciklusa za približavanje konturi izratka (Stock removal) o čemu će biti govora kasnije.

Za završno (konturno) tokarenje koristiti neutralni nož!

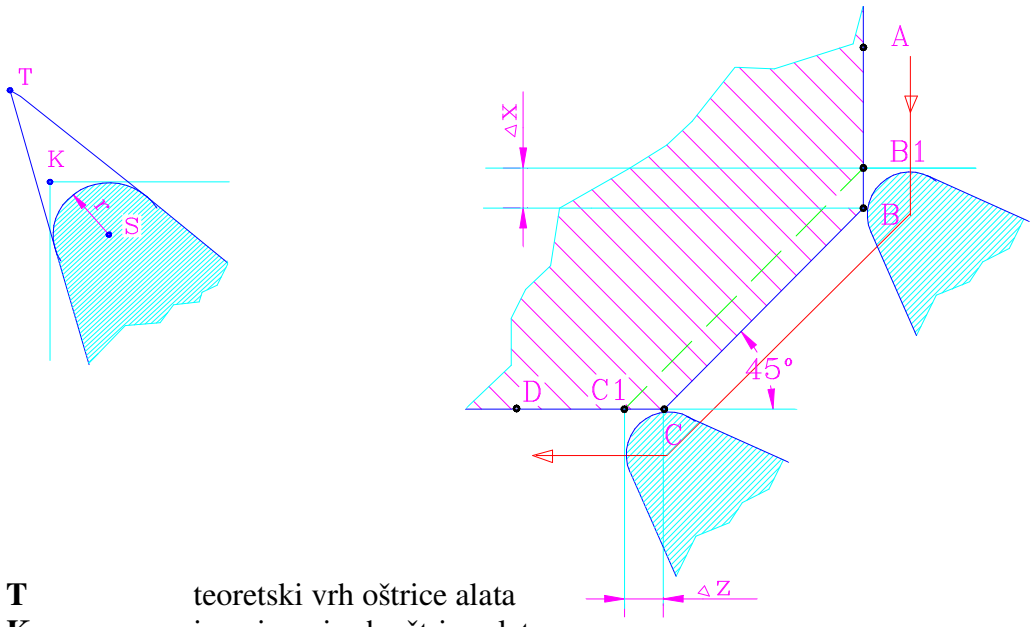
Red. broj	Opis zahvata-operacije	Alat	Posmak mm/o	Broj okret. o/min
1.				
2.				
3.				



Red. br.	Funkcije programa	Napomena

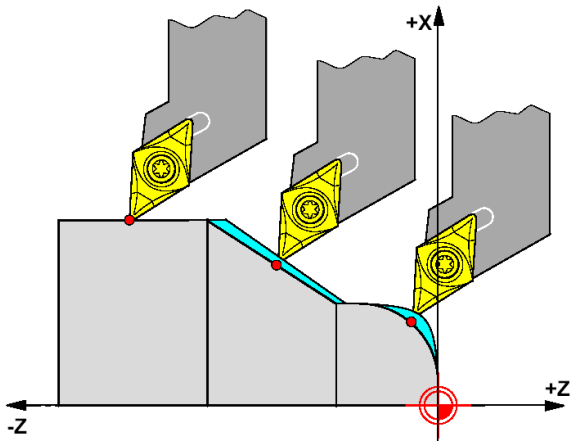
3.8. KOMPENZACIJA (KOREKCIJA) POLUMJEROM ALATA

U dosadašnjim razmatranjima rada sa alatima pretpostavili smo da je vrh oštrice reznog alata jedna točka, što to ustvari nije. Vrh rezne pločice izrađuje se s polumjerima zaobljenja koji su standardizirani, npr. R 0,2 ili R 0,4. Tokari rade dakle sa zaobljenim vrhom oštrice a ne s teoretskim vrhom oštrice alata., odnosno samo programiranje svodi se na definiranje koordinata puta imaginarnog vrha oštrice alata.
U procesu tokarenja ploha paralelnih i okomitih na os rotacije, vođenje imaginarnog vrha alata (K) dovodi do točnog tokarenja zadane konture bez obzira na postojanje stvarnog zaobljenja vrha oštrice alata.
To znači da se može usvojiti slijedeće pravilo:
Pri tokarenju ploha paralelnih i okomitih na os rotacije nije potrebno kompenzirati polumjer vrha oštrice alata jer vođenje imaginarnog vrha oštrice alata daje ispravne konačne dimenzije izratka.
Pri tokarenju konusnih ploha pojavljuje se odstupanje stvarne od željene konture izratka (vidi slike). Pri kružnom gibanju također je potrebno kompenzirati polumjer vrha oštrice alata jer stvarni vrh na zaobljenjima ostavlja višak materijala.



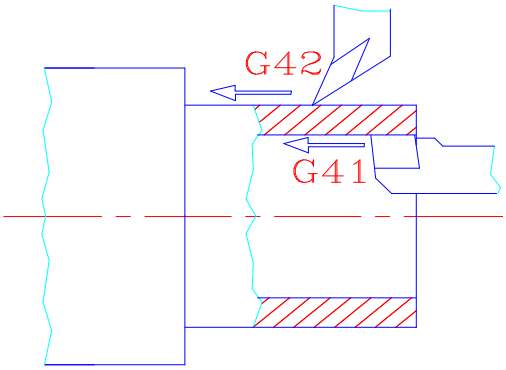
T	teoretski vrh oštrice alata
K	imaginarni vrh oštrice alata
S	središte zaobljenja vrha oštrice alata
R	polumjer zaobljenja oštrice alata
A-B-C-D	putanja kretanja alata
Dx, Dz	kompenzaciju polumjera vrha alata proračunava sama upravljačka jedinica stroja

Pri tokarenju konusnih i zaobljenih ploha radi djelovanja zaobljenja oštrice i vođenja imaginarnog vrha dolazi do odstupanja između zadanog i stvarnog profila. Zato je radi korektnog tokarenja ovih ploha nužno kompenzirati polumjer vrha oštrice alata i izmijeniti koordinate početnih i konačnih točaka gibanja.



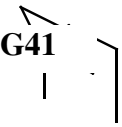
Postoje dvije funkcije za korekciju polumjera alata **G41** i **G42** kojima se upravljačkoj jedinici stroja daju informacije o kretanju alata i izračunavanju potrebnih korekcija.

G42 – korekcija polumjerom alata **desno** od zadane konture
G41 – korekcija polumjerom alata **lijevo** od zadane konture
G40 – isključenje korekcije polumjerom alata



G 42 – alat se nalazi, gledano u pravcu posmaka, desno od konture rezanja

G41 – alat se nalazi, gledano u pravcu posmaka, lijevo od konture rezanja



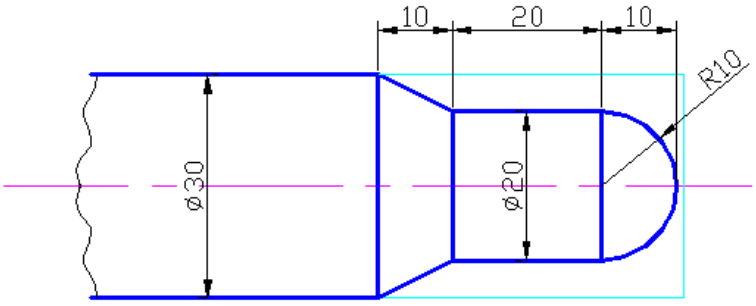
Neka pravila za postavljanje funkcija G41, G42

- izbor funkcija G41 i G42 može se izvršiti samo uz funkcije G00 ili G01
- korekcija nije djelotvorna za vrijeme promjene alata, već se mora prije odrediti
- dovoljno je primijeniti kompenzaciju za završnu obradu, jer kod grube obrade ima još dovoljno dodatka za obradu
- preporuča se izbor funkcije G41, G42 u početnoj točki za fino – konturno tokarenje, a isključenje kod povratka za promjenu alata

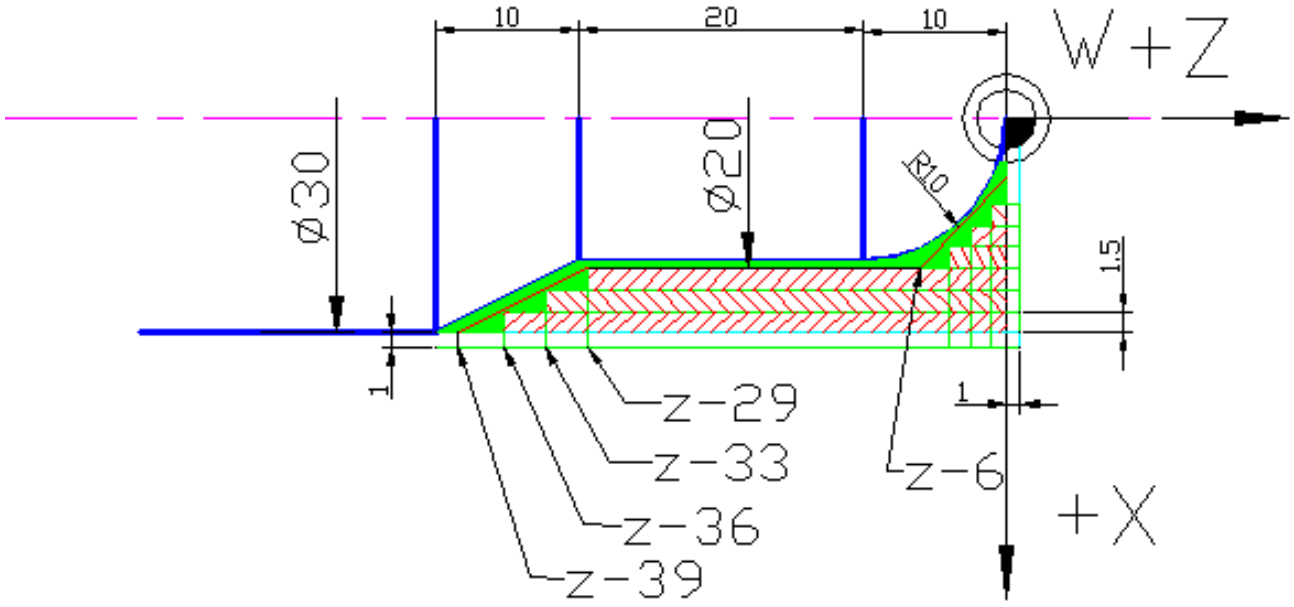
Da bi korekcija polumjerom alata bila uspješna potrebno je unijeti podatke u datoteku alata (Tooloffset) o veličini polumjera R i položaju oštrice noža u odnosu na koordinatni sustav (Cuter edge position) – vidi stranicu 16.

3.8.1. vježba 3. Izrada programa za VRATILO 3 (kompenzacija polumjerom alata)

Zadatak: Načinite program za VRATILO 3 i u završnoj obradi primijenite funkciju korekcije polumjerom alata . Za uzdužna i konusna tokarenja u više rezova koristite funkcije G1. Sami odaberite režime rada za Al i izradite operacijski list ako je ponuđen plan rezanja.



Red. broj	Opis zahvata-operacije	Alat	Posmak mm/o	Broj okret. o/min
1.				
2.				
3.				



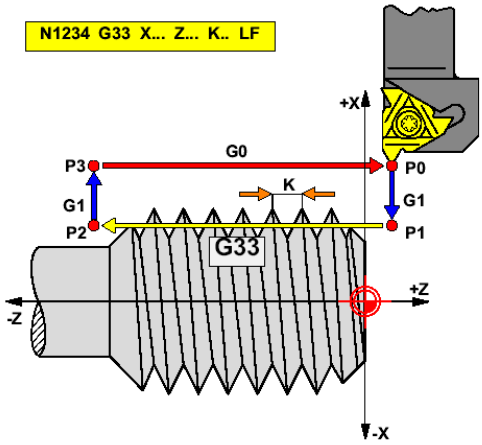
Red. br.	Funkcije programa	Napomena

3.9. TOKARENJE NAVOJA (NAREZIVANJE, UREZIVANJE)

Na CNC tokarilici mogu se tokariti vanjski i unutarnji navoji, te desni i lijevi navoji. Pri tome moramo voditi računa o položaju početne točke za tokarenje navoja kao i o položaju konačne točke navoja, smjeru okretanja vratila, vrsti noža (desni, lijevi). Također su nam potrebni standardni – tablični podaci o samom navoju (korak, dubina navoja…).
Navoj se može rezati koristeći funkciju **G33** u jednom bloku, gdje upravljačka jedinica sinkronizira (usklađuje) uzdužno gibanje suporta s vrtnjom glavnog vretena kako bi se ostvario željeni uspon (korak) navoja.
Češće se koristi funkcija ciklusa za tokarenje navoja (Cycle 97,98) koja ubrzava tokarenje i nju ćemo detaljno objasniti u poglavlju o ciklusima.

3.9.1. G33 – narezivanje navoja

Moguće je narezati ravne, konusne i spiralne navoje. Narezivanje navoja obavlja se odgovarajućim alatom, a obrada na čistu mjeru mora se obaviti prije samog rezanja navoja.



Korak **K** ili **I** mora biti odabran ovisno o pravcu navoja (uzdužno ili čeono).

Brzina okretanja **S** i posmak **F** nisu aktivni kod **G33** (100%).

Naredba:

G33 Z… K… (K – korak navoja, Z – dubina navoja)

G97 isključenje konstantne brzine rezanja

Example 1: Longitudinal Thread (Cylindrical)

```
N0130 ...
N0140 G97 M03 S500
N0150 G00 X22 Z4
N0160 X18
N0170 G33 Z-28 K1
N0180 G00 X22
N0190 ...
```

3.9.2. G63 – urezivanje navoja sa kompenzacijom stezne glave

Narezivanje navoja obavlja se bez sinkronizacije.

Programirani **S** – brzina okretanja vretena, **F** – posmak i **P** – korak navoja moraju se precizno definirati.

F(mm/min) **= S**(o/min) **x P**(mm/o)

Kada je na snazi naredba **G63** broj okretaja i posmak su blokirani i iznose 100%.(ne mogu se mijenjati pomoću preklopnika posmaka ili tipki za promjenu broja okretaja glavnog vretena)

Ulazak u izradak s **G63** zahtjeva programiranje izlaza s **G63** ali obrnutog smjera.

Naredba:

G63 Z X F S ;	urezivanje navoja

Primjer:

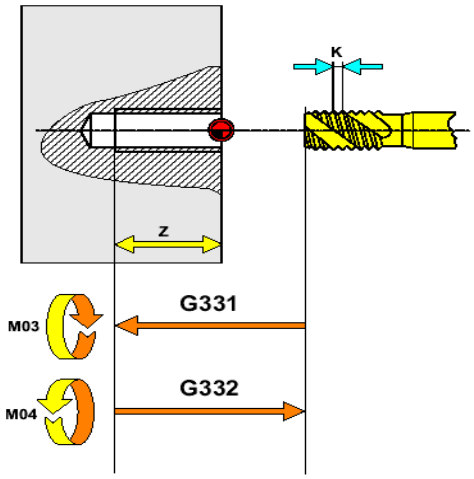
…..	
S200 F300 M3 ;	za M5 korak **P**=0.8 mm – uz **S**=200 0/min
G1 X0 Z1 ;	kod urezivanja navoja mora biti **F=PxS**
G63 Z-20 F160 ;	F = 0.8 x 200 = **160**
G63 Z5 M4 ;	promjena smjera kod izlaza
…	

3.9.3. G331 / G332 – urezivanje navoja bez kompenzacije stezne glave

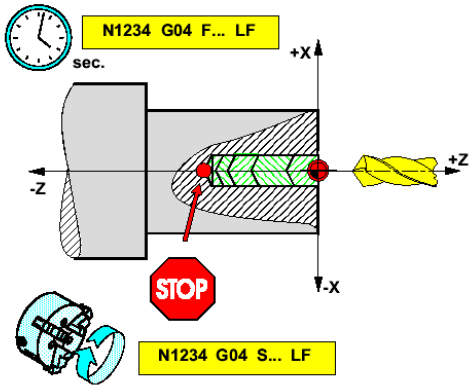
G331 – urezivanje navoja definira se dubinom bušenja **Z** i korakom navoja **K**.

G332 – povratno gibanje urezivanja navoja definira se također s dubinom bušenja **Z** i korakom **K**, a smjer okretanja vretena se automatski mijenja.

Prije pokretanja naredbe **G331** mora se izraditi rupa s čistim mjerama, te odrediti točna pozicija odakle kreće naredba.



3.10. Kratki pregled ostalih naredbi



3.10.1. G4 - vrijeme čekanja

Naredba počinje nakon što se prethodna naredba u potpunosti izvrši. Naredba G4 određuje vrijeme koje će alat biti zadržan u nekoj poziciji prije nego se nastavi gibati po planiranoj putanji alata.
Naredba:

G04 F2.5 ; alat će se zadržati na zadanoj poziciji 2.5 sekundi

G04 S50 ; alat će se zadržati na zadanoj poziciji 50 okretaja vretena

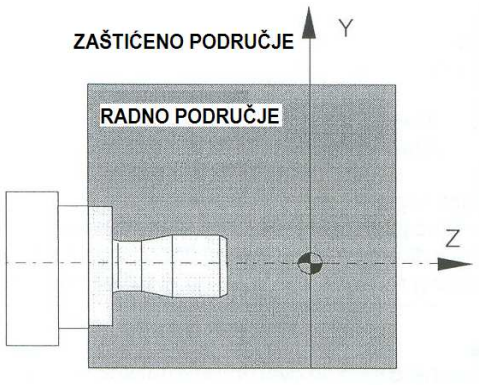
3.10.2. G25, G26 – određivanje područja rada, broja okretaja vratila

Naredbama G26 / G26 moguće je odrediti gabarite radnog prostora u kojem se alat može gibati. Ovime se oko radnog prostora uspostavlja sigurnosni prostor u koji alat ne može doći. Ove naredbe se programiraju u zasebnom bloku koji samo definira područja rada

Naredba:

G25 X… Z… ; donja granica područja rada stroja
G26 X… Z… ; gornja granica područja rada stroja

Uključenje ili poništenje ovih naredbi izvodi se naredbom:



WALIMON (**W**orking **A**rea **LIM**itation **ON**) – uključeno područje
WALIMOF (**W**orking **A**rea **LIM**itation **OFF**) – isključeno područje

Naredbe G25 i G26 također mogu odrediti donju i gornju granicu broja okretaja radnog vretena stroja.

Naredba:

G25 S… ; najmanji broj okretaja vretena
G26 S… ; najveći broj okretaja vretena

3.10.3. G96, G97, LIMS – konstantna brzina rezanja

Kada je aktivna naredba G96 brzina rotacije vretena ovisi o promjeru tokarenja. Time je brzina noža konstantna na bilo kojem promjeru. Ako se tokari predmet velikih razlika u promjeru ova naredba sprječava velike brzine kod malih promjera.

Naredba

G96 – konstantna brzina rezanja uključena
G97 - konstantna brzina rezanja isključena
LIMS – ograničenje brzine sa aktivnom naredbom G96

G96 S100 LIMS=2500

S100 – minimalni granični broj okretaja

S2500 – maksimalni granični broj okretaja

3.10.4. G110, G111, G112 – polarne koordinate

Kod rada u polarnim koordinatama pozicija se određuje pomoću kuta i radijusa u odnosu na pol (referentnu točku iz koje idu polarne koordinate).

Određivanje pola:

G110 – pol postavljen u zadnjoj točki naredbe u koju je stigao alat

G111 – pol postavljen u točku definiranu prema aktualnoj nul točki **W**

G112 – pol postavljen relativno u odnosu na zadnji valjani pol

Pol se može definirati pravokutnim ili polarnim koordinatama:

X, Y, Z – koordinate pola zadane u kartezijevom sustavu
RP – polarni radijus
AP – polarni kut

Primjer: ubacitisliku! StrD29

G111 Z30 X40 – postavlja pol na apsolutnu poziciju 30/40
G1 RP=40 AP=60 – pomiče alat iz prethodne pozicije na polarnu koordinatu

3.10.5. NORM / KONT - prilaženje i odmicanje od konture

Ima nekoliko funkcija kojima se približavamo konturi izratka (ili odlazimo od nje). Cilj je programiranja ovih funkcija izbjegavanje kolizije (sudara) alata sa izratkom, odnosno oštećenja rubova konture izratka.

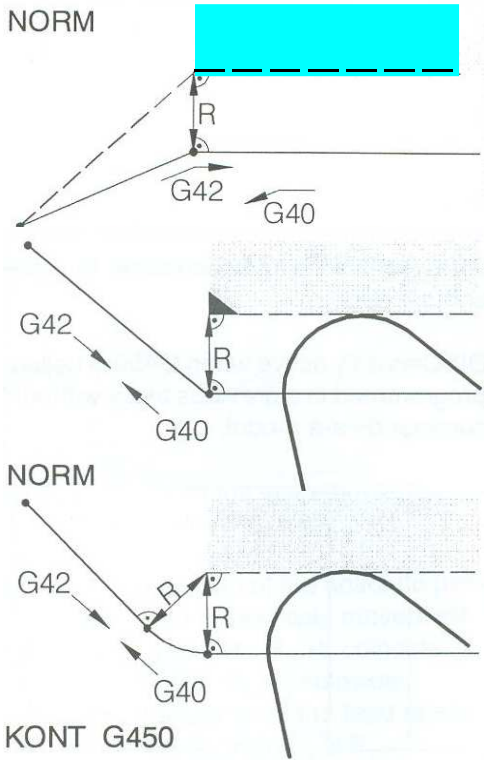
NORM : Alat prilazi ravno i stoji okomito na početnu poziciju

– – – – – programirani put alata

——————— stvarni put alata sa korekcijom

Ako početna i prva pozicija nisu na istoj strani konture pojaviti će se oštećenje sa slike

KONT : Alat prilazi početnoj poziciji kružno



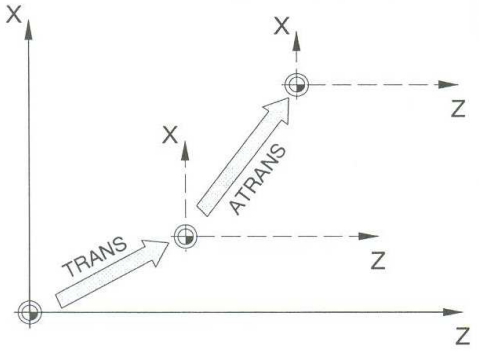
3.11. OKVIRI (OBLICI) – FRAMES

Okviri mijenjaju aktualni koordinatni sustav:

TRANS - ATRANS – translacija (pomak) koordinatnog sustava
ROT - AROT – rotacija koordinatnog sustava
SCALE - ASCALE – programirano mjerilo
MIRROR - AMIRROR – zrcaljenje koordinatnog sustava

Okviri se programiraju u posebnim programskim rečenicama i tako se izvršavaju.

3.11.1. TRANS - ATRANS –translacija koordinatnog sustava

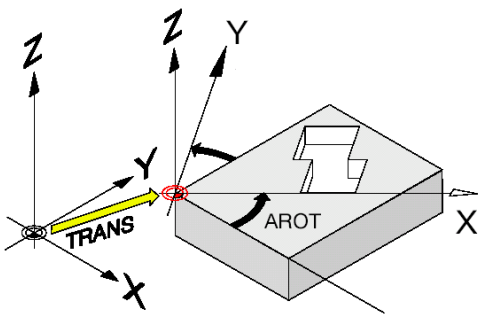


TRANS – pomiče W - nul točku G54, G55, … (iz baze podataka) na novu poziciju.

ATRANS prebacuje nul točku u odnosu na zadnju poziciju (G54 G55, … TRANS)

Format: TRANS/ATRANS X…Z…

3.11.2. ROT - AROT –rotacija koordinatnog sustava



ROT / AROT rotira koordinate izratka oko svake osi koord. sustava X i Z ili kut **RPL** u odabranoj radnoj površini.

Time je omogućeno jednostavno programiranje po konturama u glavnom koordinatnom sistemu te naknadno zakretanje.

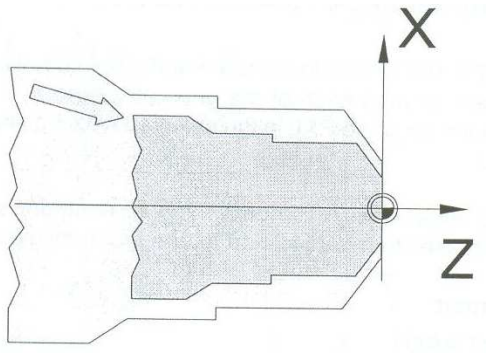
X, Z – rotacija u stupnjevima oko izabrane osi

RPL – **R**otation in the **PL**ane - rotacija po površini u stupnjevima

Primjer:

ROT X40 Z30
ili
AROT RPL=45

3.11.3. SCALE - ASCALE – programirano mjerilo

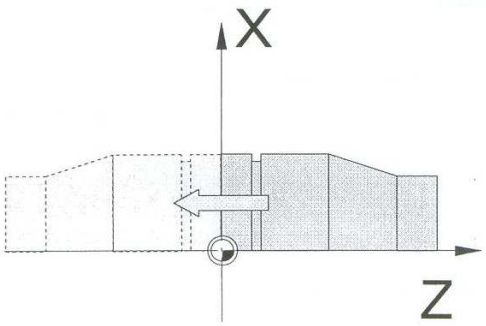


SCALE - ASCALE – omogućuje postavljanje posebnog omjera za svaku os X, Y, Z.

Ovime se povećavaju ili smanjuju dimenzije izratka – produljuje se ili skraćuje putanja alata Scale briše sve prethodno programirane okvire.
Primjer:

SCALE/ASCALE X0.8 Z0.6

3.11.4. MIRROR - AMIRROR – programirano zrcaljenje



MIRROR / AMIRROR omogućuje zrcaljenje izratka oko koordinatnih osi X i Z.

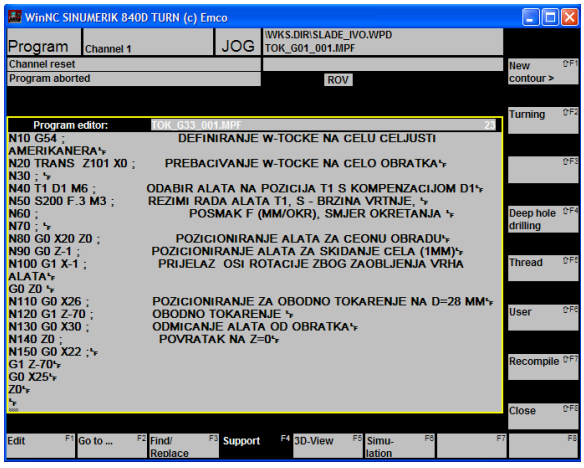
Kada se zrcali kontura automatski se mijenja smjer rotacije G2/G3 i funkcije kompenzacije polumjerom alata G41/G42

Primjer:

MIRROR X0

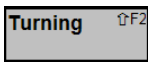
3.12. FUNKCIJE CIKLUSA

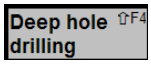
Ciklus je niz već unaprijed određenih radnji koje će stroj obaviti automatski. Nakon zadavanja potrebnih parametara, računalo samo odredi optimalnu putanju alata. Tako određeni i proračunati ciklus je u memoriji računala i postepeno se izvršava.

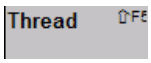


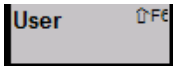
Nalaze se pod **Menu \ Programs \ Standard cycles**
ili **Menu \ Programs \ User cycles**

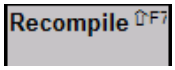
Poziv ciklusa je pomoću horizontalne funkcijske tipke <F4> **Support**.
Ciklusi se također mogu pozvati naredbom **MCALL**.
Standardni ciklusi su:

Ciklusi za tokarenje <F2> 

Ciklusi za duboko bušenje <F4> 

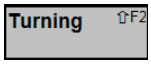
Ciklusi za narezivanje navoja <F5> 

Dok je za korisničke cikluse tipka <F6> 

Recompile <F7> 

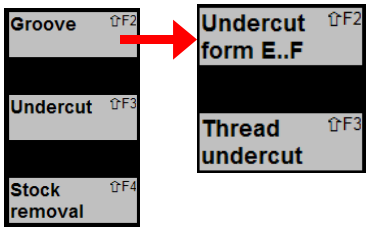
je tipka koja omogućava ispravljanje upisanih parametara nekog ciklusa preko njegovog menia.

3.12.1. CIKLUSI ZA TOKARENJE

Aktiviranjem ciklusa za tokarenje <F2> 

otvara se novi prozor koji nudi vrste tokarenja

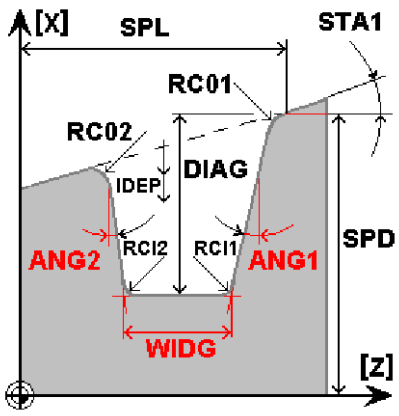
Sinunerik 840D TURN nudi cikluse za izradu žljebova (**Groove – cycle 93**), podrezivanje (**Undercut - cycle 94, 96**) i konturno tokarenje (**Stock removal - cycle 95**).



3.12.1.1. GROOVE - CYCLE 93 - Ciklus za izradu žljebova (utora) kod tokarenja <F2>

Pozivom ciklusa za izradu žljebova moguće je tokariti utore sa slike . Opis ciklusa počinje sa preglednom tablicom koja sadrži naziv ciklusa i sve njegove parametre.

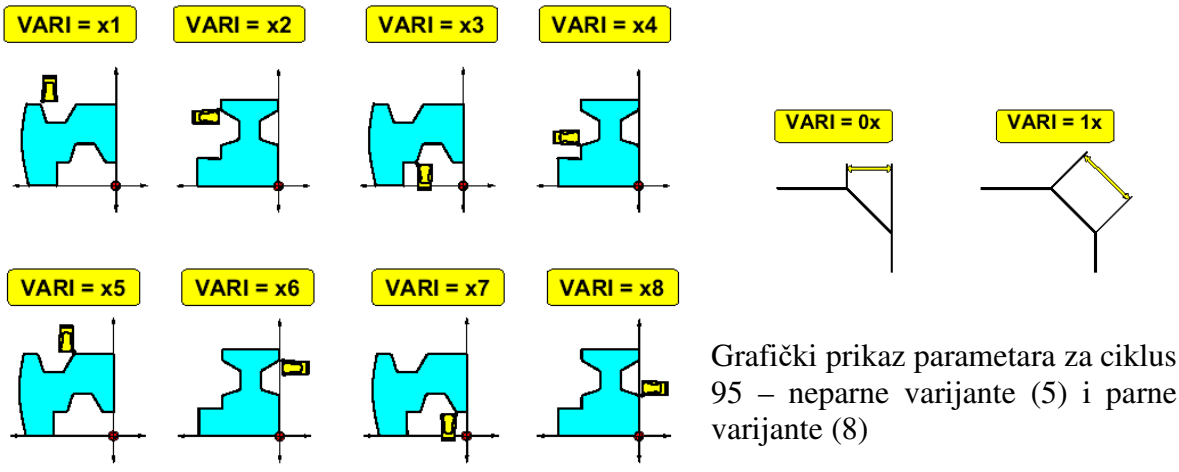
Cycle params:	CYCLE93	
Start. point	SPD	0.
Start. point	SPL	0.
Width	WIDG	0.
Groove depth	DIAG	0.
Angle	STA1	0.
Flank angle 1	ANG1	0.
Flank angle 2	ANG2	0.
Rad./chamfer	RCO1	0.
Rad./chamfer	RCO2	0.
Rad./chamfer	RCI1	0.
Rad./chamfer	RCI2	0.
Fin. allow.	FAL1	0.
Fin. allow.	FAL2	0.
Infeed depth	IDEPL	0.
Dwell time	DTB	0.
Operation	VARI	5



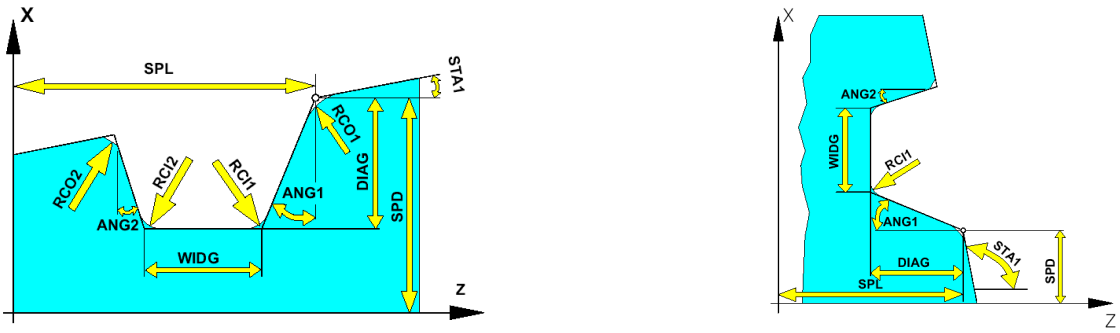
Grafički prikaz svih parametara aktivira se tipkom

Start. Point	**SPD -** početna pozicija po X-osi (bez predznaka)
Start. Point	**SPL -** početna pozicija po Z-osi
Width	**WIDG -** širina utora na dnu
Groove depth	**DIAG -** dubina utora relativno od početne pozicije (bez predznaka)
Angle	**STA1 -** kut konusa između osi rotacije i konture izratka
Flank angle 1	**ANG1 -** bočni kut na strani startne pozicije (bez predznaka)
Flank anle 2	**ANG2 -** bočni kut na suprotnoj strani (bez predznaka)
+Rad./ -chamfer	**RCO1 -** radijus+ / zakošenje- vanjskog kuta na strani startne točke
+Rad./ -chamfer	**RCO2 -** radijus+ / zakošenje- vanjskog kuta na suprotnoj strani
+Rad. / -chamfer	**RCI1 -** radijus+ / zakošenje- unutarnjeg kuta na strani startne točke
+Rad./ -chamfer	**RCI1 -** radijus+ / zakošenje- vanjskog kuta na suprotnoj strani
Fin. allow	**FAL1 -** završna debljina reza kod izrade dna utora
Fin. allow	**FAL2 -** završna debljina reza kod izrade boka utora
Infeed depth	**IDEPL -** maksimalna debljina rezanja po koraku
Dwell time	**DTB -** vrijeme čekanja
Operation	**VARI -** varijante izrade utora

Operation – VARI su kombinacije brojeva od 01 do 18 a označavaju položaj noža (nož za odsijecanje) u odnosu na izradak.

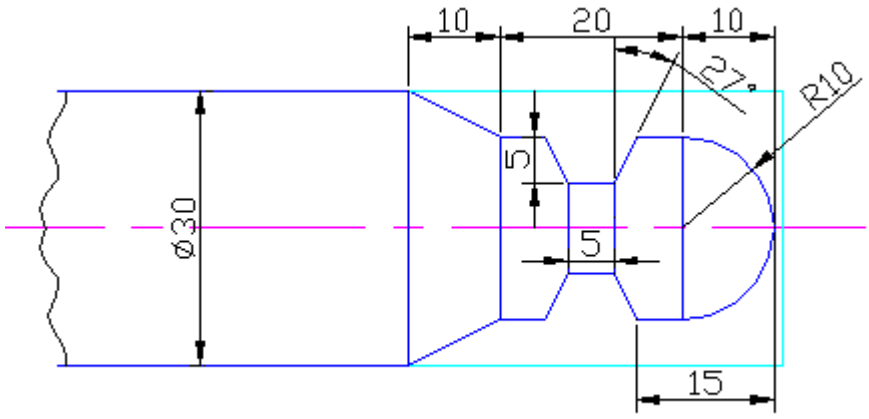


Grafički prikaz parametara za ciklus 95 – neparne varijante (5) i parne varijante (8)



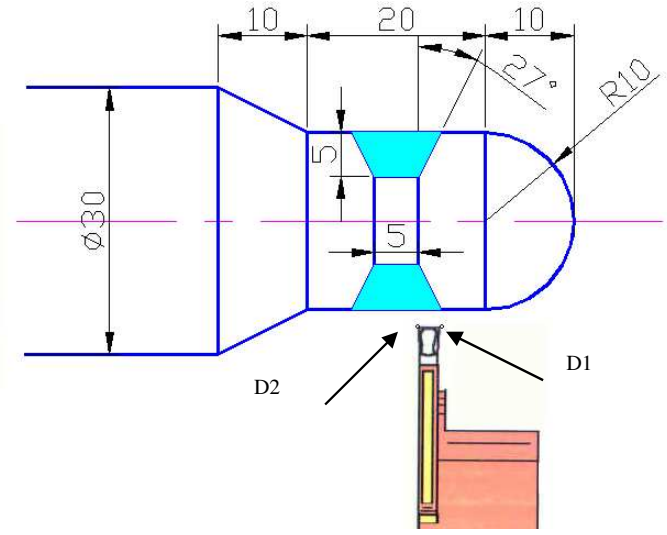
3.12.1.2. vježba 4. Izrada programa za VRATILO 4 (Ciklus izrade utora – GROOVE)

Zadatak: Za vratilo prema slici napisati ciklus izrade utora, definirati alat za utor, unijeti potrebne korekcije te izvršiti simulaciju. Crtež je isti kao i od Vratila 3 i iskoristiti prethodni program koji smo iskopirali u Vratilo 4.



Rješenje:

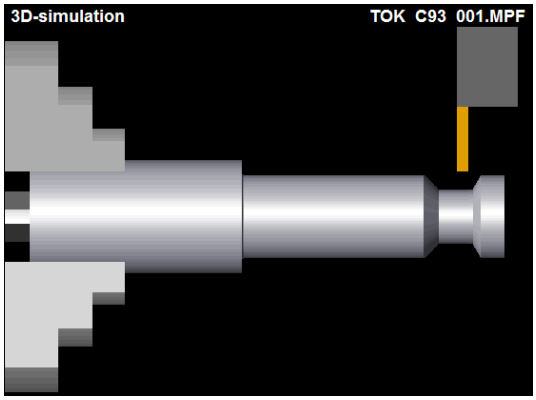
- utor se izrađuje sa nožem za odsijecanje (parting tool) koji ima broj T6
- režimi rada za ovaj nož su v = 80m/min i F 0.02mm/o
- potrebno je definirati dvije korekcije alata D1 i D2, tj. oba kraja alata moraju se izmjeriti i upisati u bazu podataka (nož naime može obrađivati utor sa prednje ili stražnje strane)
- drugi mjereni kraj mora se upisati pod D2 za isti alat (*New Tool edge*)
- nož treba dovesti u početnu točku na koordinatu X25 Z-15
- izgled ispisa ciklusa CYCLE 93 (20,-15,5,5,0,27,27,0,0,0,0,0.2,0,1,3,1,05)



Red. br.	Funkcije programa	Napomena

Primjer ispunjene tablice je prikazan na slici

Cycle params:	CYCLE93	
Start. point	SPD	20.
Start. point	SPL	-20.
Width	WIDG	6.
Groove depth	DIAG	4.
Angle	STA1	180.
Flank angle 1	ANG1	30.
Flank angle 2	ANG2	45.
Rad./chamfer	RCO1	0.
Rad./chamfer	RCO2	0.
Rad./chamfer	RCI1	0.
Rad./chamfer	RCI2	0.
Fin. allow.	FAL1	0.2
Fin. allow.	FAL2	0.1
Infeed depth	IDEPL	10.
Dwell time	DTB	1.
Operation	VARI	5



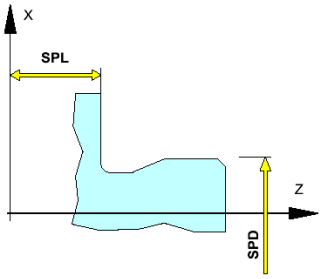
Ispis u NC programu izgleda :

```
CYCLE93(22,-10,6,4,180,30,45,0,0,0,0,0.2,0.1,10,1,5)
```

3.12.1.3. **UNDERCUT -** Ciklusi za podrezivanje (udubljenje) kod tokarenja <F3>

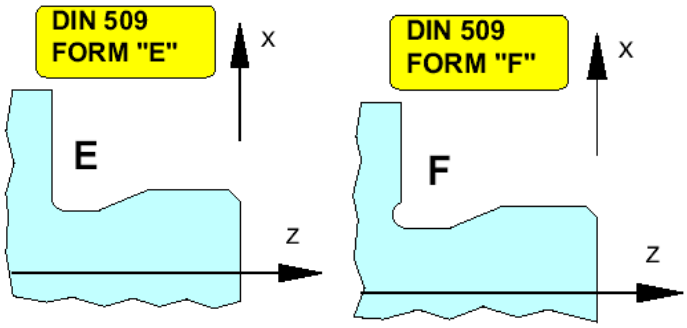
CYCLE 94 - proizvodi udubljenja u skladu s **DIN 509** oblika **E** i **F** za gotove proizvode promjera većeg od 3 mm.

(Prema DIN 76 forme A, B, C i D izrađuje ciklus 96)



Prema DIN509 forma E se koristi kod samo jedne obrađene površine – obodne površine

Forma F se koristi kada su obrađene dvije površine- obodna površina i naslon.



Opis ciklusa počinje sa preglednom tablicom koja sadrži naziv ciklusa i njegove parametre. (slika 11.10)

Grafički prikaz svih parametara aktivira se tipkom

Start. Point **SPD -** početna pozicija po X-

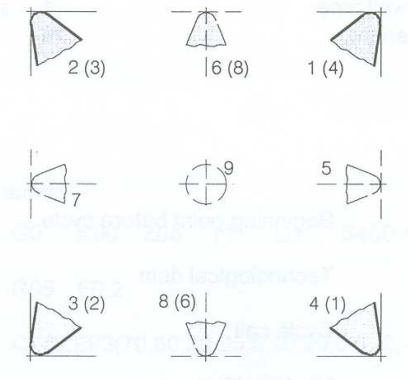
Cycle params:	CYCLE94	
Start. point	SPD	18.
Start. point	SPL	-70.
Form	FORM	E

osi (bez predznaka)

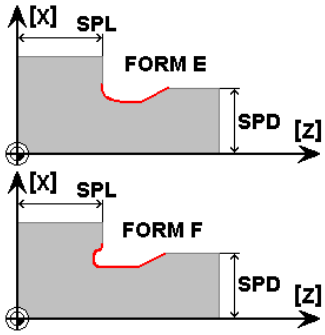
Start. Point **SPL -** početna pozicija po Z-osi

Form **FORM -** forma, oblik udubljenja

<u>Kod izrade udubljenja smiju se koristiti samo alati s pozicijama 1,2,3,4.</u>



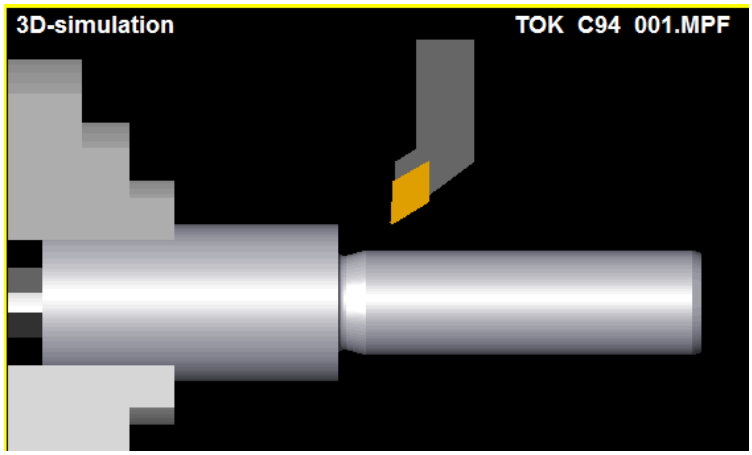
Za strojeve koji imaju alat ispred osi rotacije (EMCO PC TURN 50/55) pozicije alata su prikazane u zagradama



<u>U bazi podataka mora biti upisan i kut čišćenja za odabrani alat.</u>

Ispis u NC programu izgleda : `CYCLE94(18,-70,"E")`

Primjer na slici

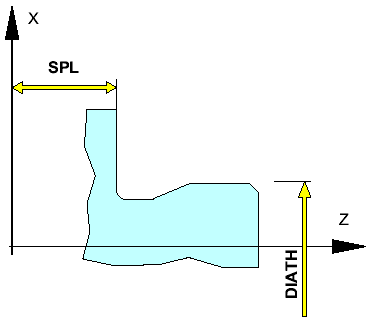


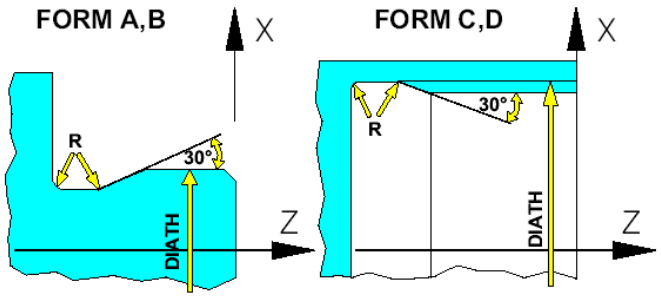
3.12.1.4. Ciklus za podrezivanje kod izrade navoja

Ovaj ciklus - **CYCLE 96** - proizvodi udubljenja u skladu s **DIN 76** oblika **A**, **B**, **C** i **D** za izradu metričkih ISO navoja dimenzija M3 do M68.

Forma :

A – vanjski navoji
B – vanjski navoji kraća verzija
C – unutrašnji navoji
D – unutrašnji navoji kraća verzija





Opis ciklusa počinje sa preglednom tablicom koja sadrži naziv ciklusa i njegove parametre.

Cycle params:	CYCLE96	
Nominal diam.	DIATH	0.
Start. point	SPL	0.
Form	FORM	A

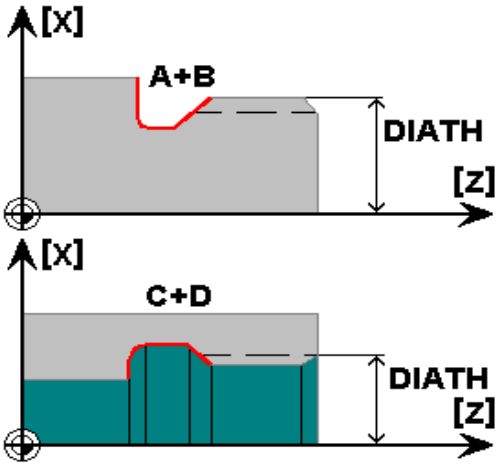
Grafički prikaz svih parametara aktivira se tipkom

Start. Point **DIATH -** nominalni promjer navoja

Start. Point **SPL -** početna pozicija po Z-osi

Form **FORM -** forma, oblik udubljenja

Kod izrade udubljenja smiju se koristiti samo alati s pozicijama 1,2,3,4.
U bazi podaka mora biti upisan i kut čišćenja 30° za odabrani alat.



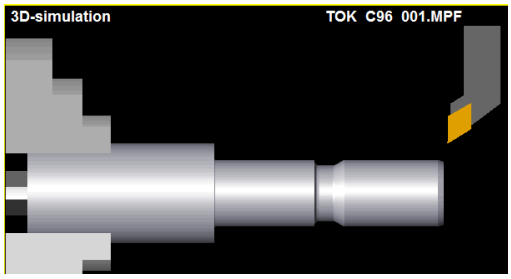
Za strojeve koji imaju alat ispred osi rotacije (EMCO PC TURN 50/55) pozicije alata su prikazane u zagradama (kao kod ciklusa 94)

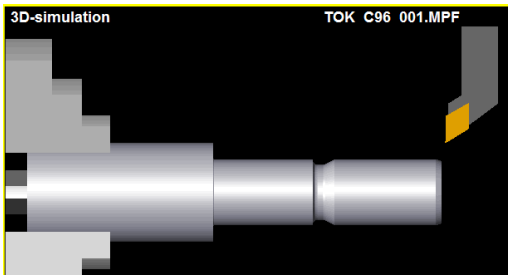
Cycle params:	CYCLE96	
Nominal diam.	DIATH	20.
Start. point	SPL	-40.
Form	FORM	A

Ispunjena tablica je prikazana na slici

Ispis u NC programu izgleda : CYCLE96(20,-40,"A")

Primjer na slici 11.20 A i B :



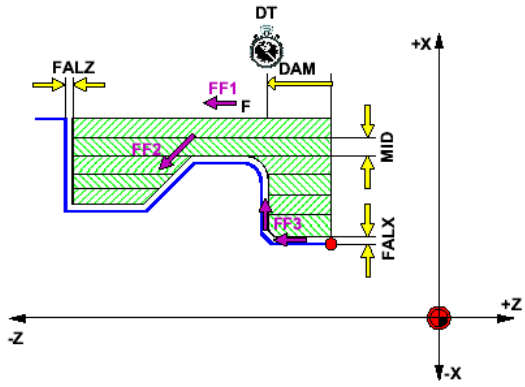


3.12.1.5. Ciklus konturnog tokarenja – Stock removal –CYCLE 95 <F4>

Ovo je vrlo koristan i često korišten ciklus za automatsko skidanje slojeva materijala gdje stroj sam, na osnovi zadanih parametara, skida slojeve materijala do zadane konture koja se posebno piše i sprema kao potprogram. Konturu je moguće nacrtati i u Free Contour modu i spremiti među potprograme.

Opis ciklusa počinje sa preglednom tablicom koja sadrži naziv ciklusa i njegove parametre.

Cycle params:	CYCLE95	
Name	NPP	
Infeed depth	MID	0.
Fin. allow.	FALZ	0.
Fin. allow.	FALX	0.
Fin. allow.	FAL	0.
Feed roughing	FF1	0.001
Feed plunging	FF2	0.001
Feed finish	FF3	0.001
Operation	VARI	9
Dwell time	DT	0.
Path length	DAM	0.
Retract. path	_VRT	0.

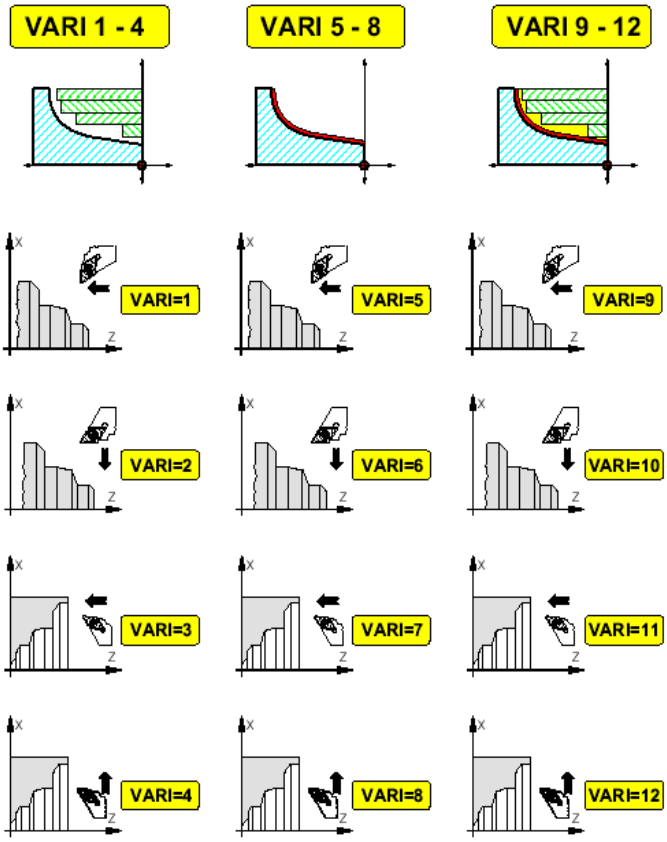


Name	**NPP -** ime potprograma
Infeed depth	**MID -** maksimalna dubina rezanja po koraku
Fin. allow	**FALZ -** završna dubina kod izrade po Z-osi
Fin. allow	**FALX -** završna dubina kod izrade po X-osi
Fin. allow	**FAL -** završna dubina kod izrade paralelne s konturom
Feed roughing	**FF1 -** posmak grube obrade bez udubljivanja
Feed roughing	**FF2 -** posmak grube obrade udubljivanja
Feed roughing	**FF3 -** posmak završne obrade

Operation **VARI -** varijante izrade utora 1 - 12
Dwell time **DT -** vrijeme čekanja
Path length **DAM -** put nakon kojeg će se svaki grubi rez prekinuti zbog loma strugotine

Grafički prikaz svih parametara aktivira se tipkom

Operation **VARI -** varijante izrade utora 1 - 12



Kontura se može obraditi:
vanjskim tokarenjem (1, 2, 5, 6, 9, 10) ili
unutarnjim tokarenjem (3, 4, 7, 8, 11, 12).
Tokariti se može:
uzdužnim gibanjem alata (1, 3, 5, 7, 9, 11) ili
poprečnim gibanjima alata (2, 4, 6, 8, 10, 12)
Kontura se može tokariti:
grubo (1, 2, 3, 4)
fino (5, 6, 7, 8)
kompletno (najprije grubo, zatim fino) (9, 10, 11, 12)

Pozicija alata prije tokarenja po konturi mora biti bez kompenzacije polumjerom (sa G40)
Vanjsko tokarenje: alat mora biti izvan najvećeg promjera konture.
Unutarnje tokarenje: alat mora biti unutar najmanjeg promjer konture.

Načini rada stroja

Grubo tokarenje bez udubljenja se izvodi u radnom hodu **G1** s posmakom **FF1**.
Grubi rezovi se ponavljaju paralelno s osi rotacije dok se ne dostigne završna linija. Nakon svakog reza alat se odmiče po X i Z-osi za radijus alata + 1 mm i vraća u brzom hodu G0.

Grubo tokarenje udubljenja se izvodi u radnom hodu **G1** s posmakom **FF2.**
Grubi rezovi se ponavljaju paralelno s linijama konture dok se ne dostigne završna linija.
Rezanje paralelno s konturom se izvodi posmakom **FF2**, dok se rezanje paralelno s osi rotacije izvodi posmakom **FF1**.

Fino tokarenje se izvodi u radnom hodu **G1**, **G2** ili **G3** s posmakom **FF3**.

Primicanje početnoj točki je istovremeno po obje osi, dok se povratna gibanja izvode u brzom hodu **G0**.

Infeed depth **MID -** maksimalna dubina rezanja po koraku

Ukupna dubina tokarenja biti će podijeljena s maksimalnom dubinom po rezu. Ovo je potrebno jer su stvarne dubine po rezu manje ili iste programiranim dubinama. Ako su manje treba ih optimirati.

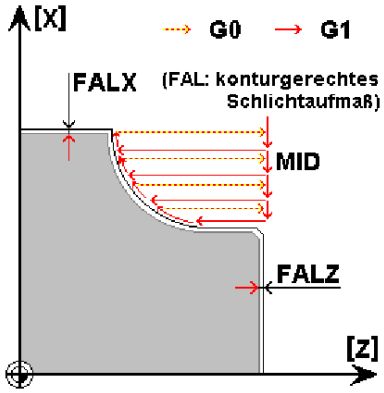
Primjer:

Ukupna dubina = 19 mm
MID = 4 mm

Računalo će definirati 5 prolaza po 3.8 mm

Finishing Allowance **FALZ, FALX, FAL -** završna dubina paralelna s osima Z, X i konturom

Nije potrebno definirati sve tri završne dubine. Nakon programiranja jedne ostale će same biti određene. Grubo tokarenje će se uvijek odvijati do ovih linija. Po završetku grube obrade, ako je programirano, obaviti će se po konturi i fino tokarenje.



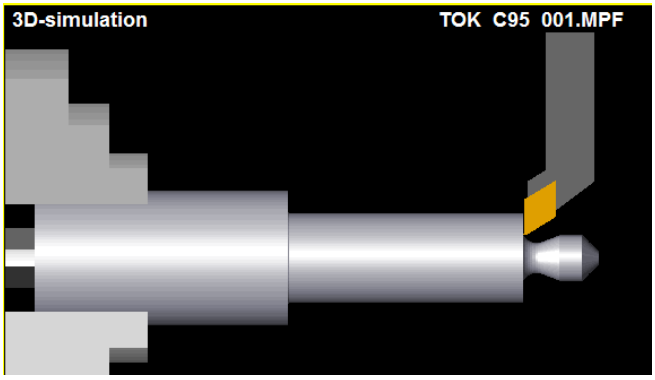
Primjer ispunjene tablice je prikazan na slici

Cycle params:	CYCLE95	
Name	NPP	freeform_001
Infeed depth	MID	1.
Fin. allow.	FALZ	0.05
Fin. allow.	FALX	0.1
Fin. allow.	FAL	0.
Feed roughing	FF1	0.3
Feed plunging	FF2	0.1
Feed finish	FF3	0.12
Operation	VARI	9
Dwell time	DT	1.
Path length	DAM	0.
Retract. path	_VRT	0.

Ispis u NC programu izgleda :

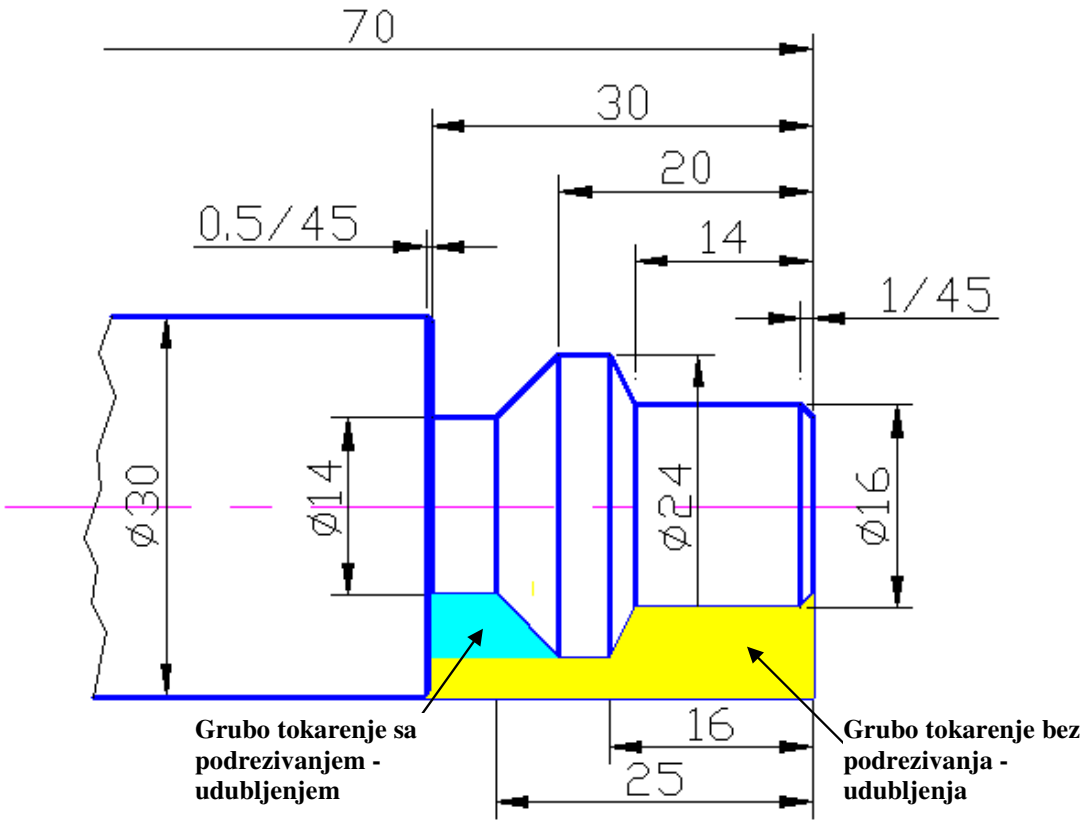
```
CYCLE95("freeform_001",3,0.05,0.1,0,0.3,0.1,0.12,9,0,0,0)
```

Primjer simulacije na slici



3.12.1.5.1. vježba 5. Ciklus konturnog tokarenja Vretena 5 – Cycle 95

Zadatak: Napisati program za konturno tokarenje izratka prema slici!



Rješenje:

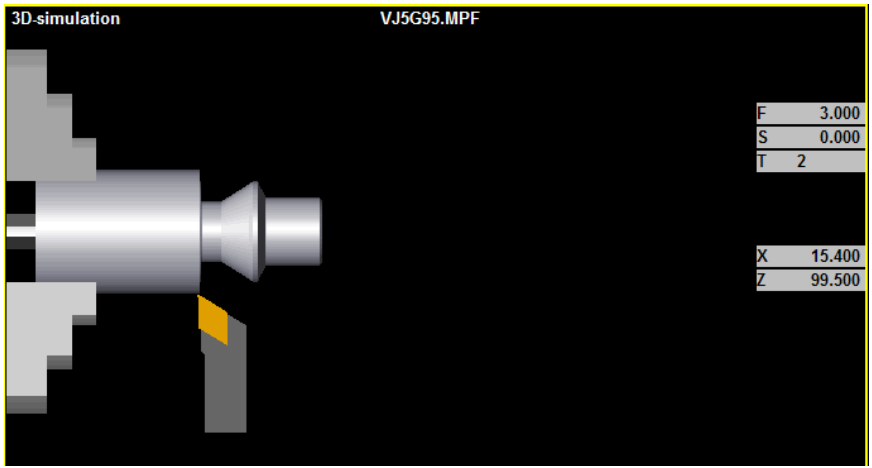
Name	**NPP -** ime potprograma	**KONTURA1**
Infeed depth	**MID -** maksimalna dubina rezanja po koraku	**2**
Fin. allow	**FALZ -** završna dubina kod izrade po Z-osi	**0.05**
Fin. allow	**FALX -** završna dubina kod izrade po X-osi	**0.3**
Fin. allow	**FAL -** završna dubina kod izrade paralelne s konturom	**0**
Feed roughing	**FF1 -** posmak grube obrade bez udubljivanja	**0.1**
Feed roughing	**FF2 -** posmak grube obrade udubljivanja	**0.05**
Feed roughing	**FF3 -** posmak završne obrade	**0.05**
Operation	**VARI -** varijante izrade utora 1 – 12	**9**
Dwell time	**DT -** vrijeme čekanja	**0**
Path length	**DAM -** put nakon kojeg će se svaki grubi rez prekinuti zbog loma strugotine	**0**

Ispis programa:

G54	pomak nul točke
TRANS 70	pomak nul točke na čelo
G0 X100 Z100	pozicija izmjene alata
T2 D1 G96 S250	definicija alata, brzine rezanja
G0 X35 Z0	pozicija alata prije ciklusa
CYCLE95(«KONTURA1»,2,0.05,0.3,0,0.1,0.05,0.05,9,0,0,0)	ciklus konture
G0 X100 Z100	povratak na poziciju izmjene alata
M30	kraj programa

Potprogram KONTURA1:

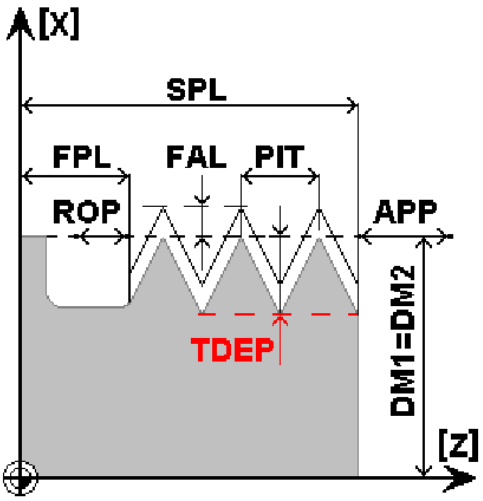
G1 X14 Z1	početna točka
Z0	prva točka na konturi (skošenje)
X16 Z-1	ostale točke konture
Z-14	
X24 Z-16	
Z-20	
X14 Z-25	
Z-30	
X30 CHR=0.5	
Z –30.6	
M17	kraj potprograma



3.12.1.6. External Thread <F3> tokarenje vanjskog i unutarnjeg navoja CYCLE 97

Pozivom ciklusa 97 za izradu navoja otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima. (Slika)

Cycle params:	CYCLE97	
Thread lead	PIT	0.
Thread size	MPIT ☑	0.
Start. point	SPL	0.
End point	FPL	0.
Diameter 1	DM1	0.
Diameter 2	DM2	0.
Runin path	APP	0.
Runout path	ROP	0.
Thread depth	TDEP	0.
Fin. allow.	FAL	0.
Infeed angle	IANG	-180.
Start pt.offs	NSP	0.
Cuts	NRC	1
Noncuts	NID	1
Operation	VARI ☑	1
No.of threads	NUMTI	1

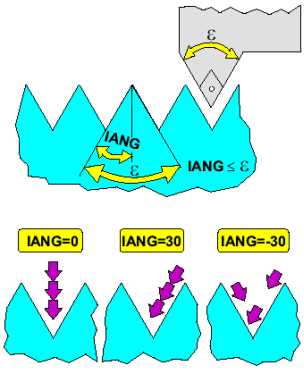


Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa. (slika 11.51)

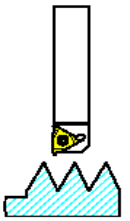
Thread lead	**PIT -** korak navoja u mm (od 0.001 do 2000 mm)
Thread size	**MPIT -** veličina navoja u nominalnoj vrijednosti (3 za M3, 24 za M24)
Start point	**SPL -** početna pozicija (po Z-osi)
End point	**FPL -** krajnja pozicija (po Z-osi)
Diameter 1	**DM1 -** promjer navoja na početnoj poziciji (kod SPL)
Diameter 2	**DM2 -** promjer navoja na krajnjoj poziciji (kod FPL)
Runing path	**APP -** put prilaženja (bez predznaka)
Runout path	**ROP -** put odlaženja (bez predznaka)
Thread depth	**DP -** dubina navoja (bez predznaka)
Fin. allow.	**FAL –** debljina reza završne obrade
Infeed angle	**IANG -** kut obrade navoja po koraku (0=okomit) Pozitivna vrijednost – korak obrade boka navoja po jednom boku Negativna vrijednost – korak obrade boka navoja naizmjeničan
Start pt. offs	**NSP -** početna točka prvog navoja
Cuts	**NRC -** broj prolaza noža po navoju
Noncuts	**NID -** broj praznih prolaza noža po navoju

Operation **VARI -** način narezivanja
No. Of threads **NUMTI -** broj navoja

IANG - kut obrade navoja

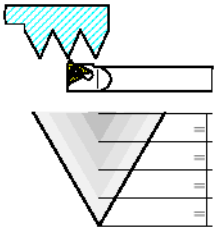


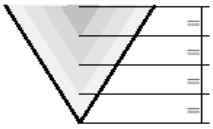
Ovim ciklusom mogu se izrađivati vanjski i unutarnji navoji sa konstantnim korakom navoja.
Mogu se izrađivati jednostruki ili višestruki navoji. Višestruki se izrađuju jedan po jedan.
Lijevi ili desni navoji određuju se smjerom rotacije prije aktiviranja ciklusa.
Moguće je odabrati jednaku dubinu rezanja kod svakog prolaza noža ili jednaku površinu skidanja materijala pri svakom prolazu noža.



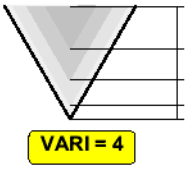
Operation **VARI -** način narezivanja

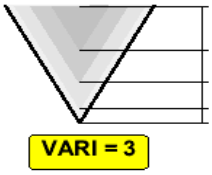
VARI određuje vanjsko ili unutarnje tokarenje i način na koji će se navoj izraditi





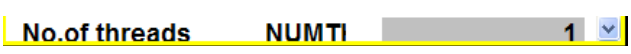
VARI	V / U	Korak
1	Vanjsko	Konstantna dubina
2	Unutarnje	Konstantni presjek
3	Vanjsko	Konstantna dubina
4	Unutarnje	Konstantni presjek



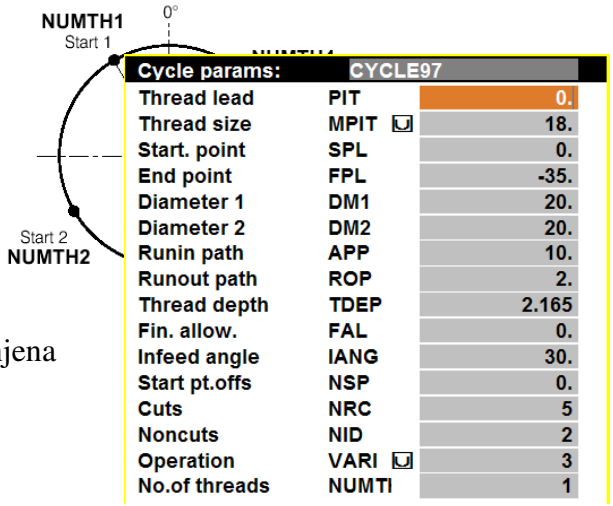


Rad ciklusa navoja na stroju:
- Prije izvršenja ciklusa alat mora biti pozicioniran u početnu točku sa G0
- Korak određuje parametar VARI
- Ponavljanje prolaza određuje parametar NRC
- Slijedeći prolaz noža skida završnu dubinu s G33
- Završno tokarenje navoja će se ponavljati po parametru NID
- Svaki slijedeći navoj će ponavljati sve korake

No. Of threads **NUMTI -** broj navoja



Moguće je narezivati viševojni navoj. Početak navoja se može smjestiti bilo gdje na obodu definiranjem prvog navoja parametrom NSP.

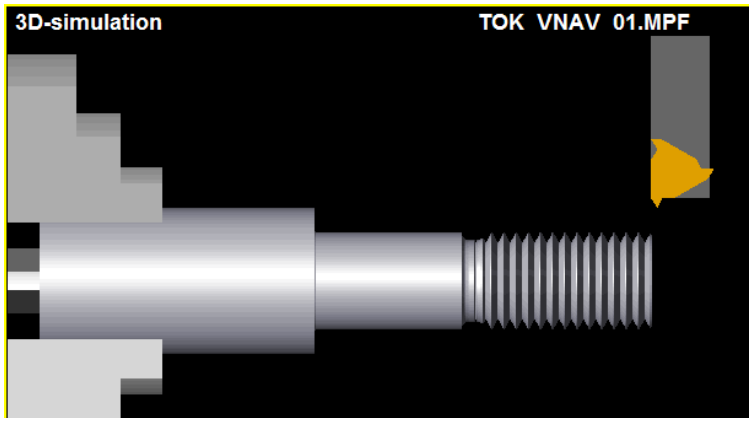


Ispunjena tablica je prikazana na slici

Ispis u NC programu izgleda :

```
CYCLE97(0,18,,-35,20,20,10,2,2.165,0,30,0,5,2,3,1)
```

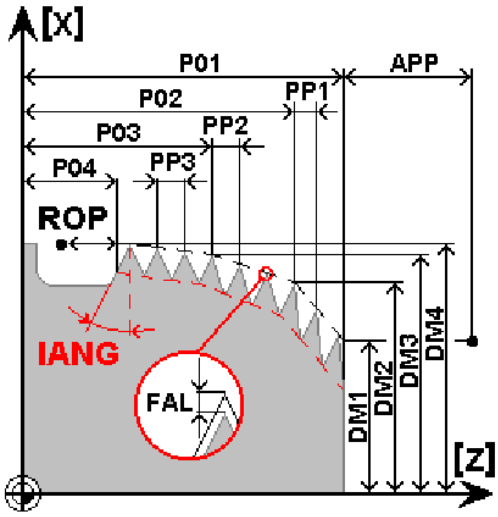
Primjer:



3.12.1.7. **Thread Chaining** <F4> tokarenje niza navoja CYCLE 98

Pozivom ciklusa 98 za urezivanje navoja otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima. (Slika)

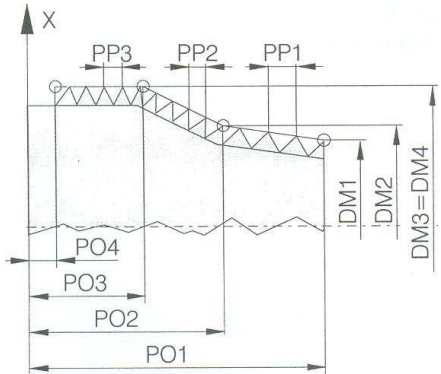
Cycle params:	CYCLE98	
Start. point	PO1	0.
Diameter 1	DM1	0.
Interm. point	PO2	0.
Diameter 2	DM2	0.
Interm. point	PO3	0.
Diameter 3	DM3	0.
End point	PO4	0.
Diameter 4	DM4	0.
Runin path	APP	0.
Runout path	ROP	0.
Thread depth	TDEP	0.
Fin. allow.	FAL	0.
Infeed angle	IANG	-180.
Start pt.offs	NSP	0.
Cuts	NRC	1
Noncuts	NID	1
Thread lead	PP1	0.001
Thread lead	PP2	0.001
Thread lead	PP3	0.001
Operation	VARI	1



Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa. (slika)

Start point	**PO1 -** početna pozicija (po Z-osi)
Diameter 1	**DM1 -** promjer navoja na početnoj poziciji
Interm. point	**PO2 -** prva međupozicija (po Z-osi)
Diameter 2	**DM2 -** promjer navoja na prvoj međupoziciji
Interm. point	**PO3 -** druga međupozicija (po Z-osi)
Diameter 3	**DM3 -** promjer navoja na drugoj međupoziciji
End point	**PO4 -** završna pozicija (po Z-osi)
Diameter 4	**DM4 -** promjer navoja na završnoj poziciji
Runing path	**APP -** put prilaženja (bez predznaka)
Runout path	**ROP -** put odlaženja (bez predznaka)
Thread depth	**TDEP -** dubina navoja (bez predznaka)
Fin. allow.	**FAL -** dubina završne obrade
Infeed angle	**IANG -** kut obrade navoja po koraku (0=okomit) Pozitivna vrijednost – korak obrade boka navoja po jednom boku Negativna vrijednost – korak obrade boka navoja naizmjeničan
Start pt. offs	**NSP -** početna točka prvog navoja
Cuts	**NRC -** broj prolaza noža po navoju
Noncuts	**NID -** broj praznih prolaza noža po navoju
Thread lead	**PP1 -** korak navoja u mm (od 0.001 do 2000 mm)
Thread lead	**PP2 -** korak navoja u mm (od 0.001 do 2000 mm)
Thread lead	**PP3 -** korak navoja u mm (od 0.001 do 2000 mm)
Operation	**VARI -** način narezivanja
No. Of threads	**NUMTI -** broj navoja

Niz navoja počinje uvijek s cilindričnim navojem. Korak je okomit na navoj c konstantnom presjekom strugotine. Ciklus se radi u pet radnih prolaza i jednom završnom.



Parametri PO1, DM1, ….. PO4, DM4 određuju konturne točke niza navoja, PP1, PP2 i PP3 određuju korak navoja dok su svi ostali parametri isti kao u ciklusu 97

Slika

Ispunjena tablica je prikazana na slici

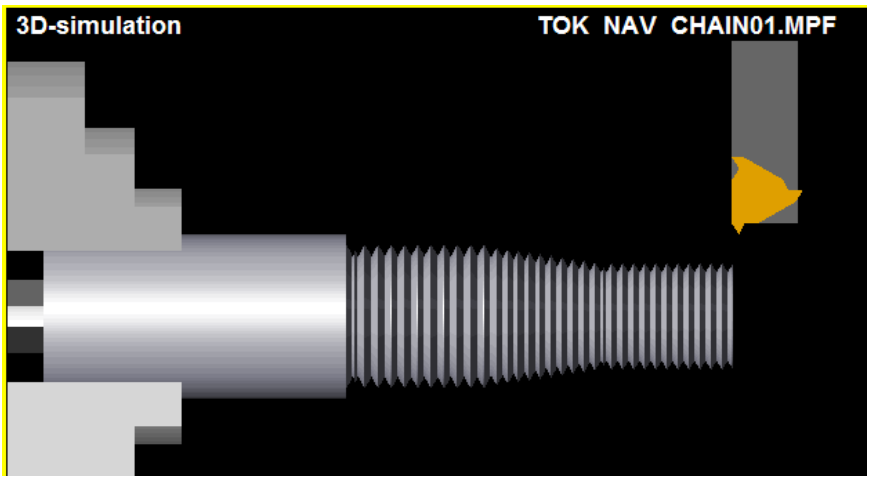
Cycle params:	CYCLE98	
Start. point	PO1	0.
Diameter 1	DM1	20.
Interm. point	PO2	-25.
Diameter 2	DM2	20.
Interm. point	PO3	-45.
Diameter 3	DM3	26.
End point	PO4	-60.
Diameter 4	DM4	26.
Runin path	APP	10.
Runout path	ROP	10.
Thread depth	TDEP	2.

Fin. allow.	FAL	0.
Infeed angle	IANG	0.
Start pt.offs	NSP	0.
Cuts	NRC	5
Noncuts	NID	1
Thread lead	PP1	2.
Thread lead	PP2	2.
Thread lead	PP3	2.4
Operation	VARI	1
No.of threads	NUMTI	1

Ispis u NC programu izgleda :

```
CYCLE98(0,20,-25,20,-45,26,-60,26,10,10,2,0,0,0,5,1,2,2,2.4,1,1)
```

Primjer:

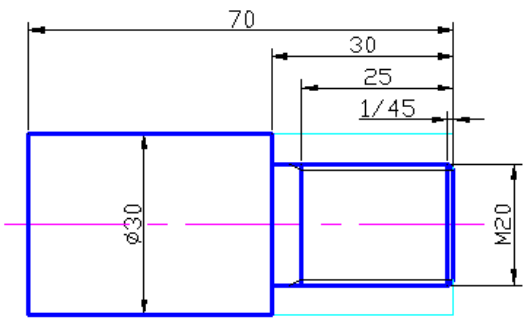


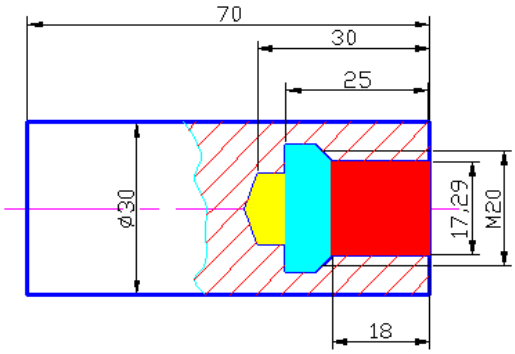
3.12.1.8. vježba 6. Izrada vanjskog i unutarnjeg navoja Cycle97

Zadatak:

Za vratila prema slici napisati program za tokarenje vanjskog i unutarnjeg navoja. Koristiti funkcije za podrezivanje prije poziva ciklusa za navoj. Operacijski list sa

redoslijedom operacija i potrebnim alatima te režimima rada dan je u tablici. Provjeriti ispravnost programa kroz simulaciju.





Kratka uputa za rješenje:

- za izradu vratila sa vanjskim i unutarnjim navojem potrebno je koristiti 5 različitih alata
- vanjski desni za skidanje slojeva do Φ20x30 i izradu skošenja te vanjsko podrezivanje
- nož za izradu vanjskog navoja M20x25
- spiralno svrdlo Φ12 za bušenje provrta Φ12x30
- bušačka motka za proširivanje provrta Φ12 na Φ17,29x18 i unutarnje podrezivanje
- nož za tokarenje unutarnjeg navoja M20
- skidanje slojeva materijala na kotu Φ20x30 provesti kroz 4 reza debljine 2x1,5mm i 2x1mm.
- proširivanje provrta na nominalni promjer Φ17,29 (standardni promjer za M20) provesti kroz 3 reza debljine 2x1mm i zadnji rez do nominalnog promjera.
- za operacije 1,2,3,6,7 koristiti funkciju za konstantnu brzinu rezanja (G97-vidi poglavlje 3.8.3.)
- kod poziva ciklusa za navoj proučiti potrebne parametre i koristiti tablice za standardne navoje u prilogu.

Red. broj	Opis zahvata-operacije	Alat	Posmak mm/o	Broj okret. o/min
1.	Vanjsko tokarenje na Φ20x30	T2	0.08	v=150m/min
2.	Tokarenje skošenja 1/45°	T2	0.08	v=150m/min
3.	Vanjsko podrezivanje, oblik B	T2	0.08	v=150m/min
4.	Izrada vanjskog navoja M20x25	T4		500
5.	Bušenje provrta Φ12x30	T1	0.05	1100
6.	Proširivanje provrta Φ17,29x22	T3	0.1	v=150m/min
7.	Unutarnje podrezivanje, oblik D	T3	0.1	v=150m/min
8.	Izrada unutarnjeg navoja M20	T5		500

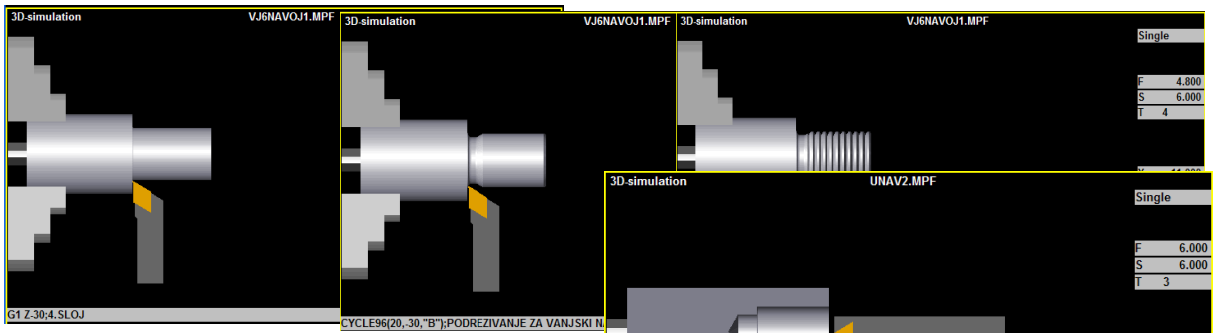
Vježba 6. Vanjski navoj

Red. br.	**Funkcije programa**	**Napomena**

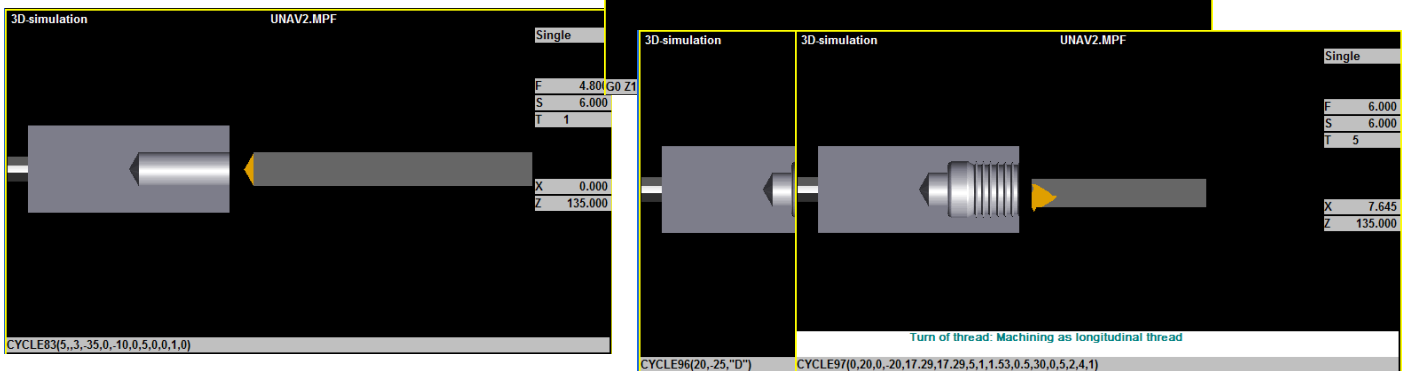
Vježba 6. Unutarnji navoj

Red. br.	Funkcije programa	Napomena

Izgled simulacije za vanjski navoj



Izgled simulacije za unutarnji navoj



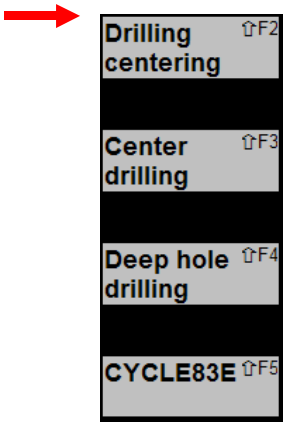
3.12.2. Ciklusi bušenja (Deep hole drilling)

Opcija <F4> **Deep hole drilling** sadrži četiri ciklusa:

- Drilling centering - Ciklus 81 za bušenje rupa kod tokarenja <F2>

- Center drilling - Ciklus 82 za bušenje rupa sa vremenom čekanja na dnu rupe kod tokarenja <F3>

- Deep hole drilling - Ciklus 83 za duboko bušenje rupa kod tokarenja <F4>

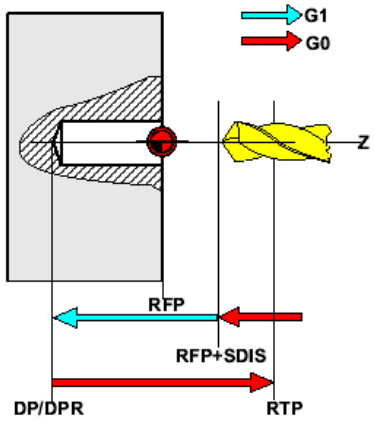


- Cycle 83E - Ciklus za bušenje rupa kod tokarenja <F5>

3.12.2.1. **Drilling centering -** Ciklus 81

Opis ciklusa počinje sa preglednom tablicom koja sadrži naziv ciklusa i njegove parametre. (slika)

Cycle params:	CYCLE81	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.



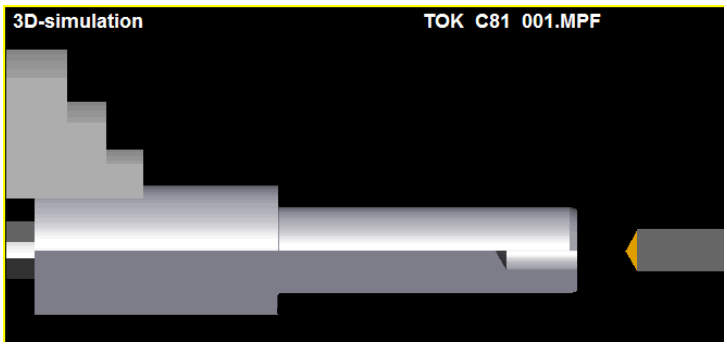
Grafički prikaz svih parametara aktivira se tipkom i prikazan je na slici

Rectract (Return) plane **RTP -** povratna površina
(površina na koju se vraća alat)
Referent (Absolute) plane **RFP -** referentna površina (površina na kojoj je nul točka W)
Safety distance **SDIS -** sigurnosno odstojanje
Final drillling depth (Absolute) **DP -** ukupna dubina bušenja
Depth increment **DPR -** površina do koje se buši od referentne površine

Ispunjena tablica je prikazana na slici

Cycle params:	CYCLE81	
Retract plane	RTP	5.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	5.
Fin.dr.depth	DP	-20.
Depth incr.	DPR	0.

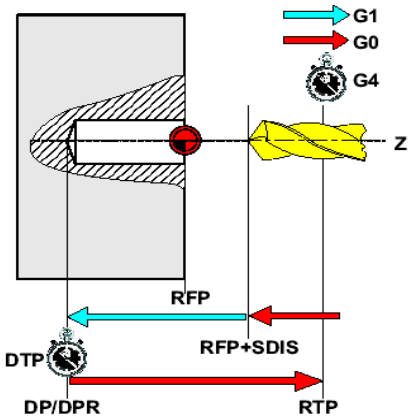
Ispis u NC programu izgleda : `CYCLE81(5,0,5,-20,0)`
Primjer:



3.12.2.2. **Center Drilling -** Ciklus 82

Opis ciklusa počinje sa preglednom tablicom koja sadrži naziv ciklusa i njegove parametre. (slika)

Cycle params:	CYCLE82	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Dwell time	DTB	0.



Grafički prikaz svih parametara aktivira se tipkom i prikazan je na slici

Rectract (Return) plane **RTP -** povratna površina (površina na koju se vraća alat)
Referent (Absolute) plane **RFP -** referentna površina (površina na kojoj je nul točka W)
Safety distance **SDIS -** sigurnosno odstojanje
Final drillling depth (Absolute) **DP -** ukupna dubina bušenja
Depth increment **DPR -** površina do koje se buši od referentne površine
Dwell time **DTB -** vrijeme čekanja

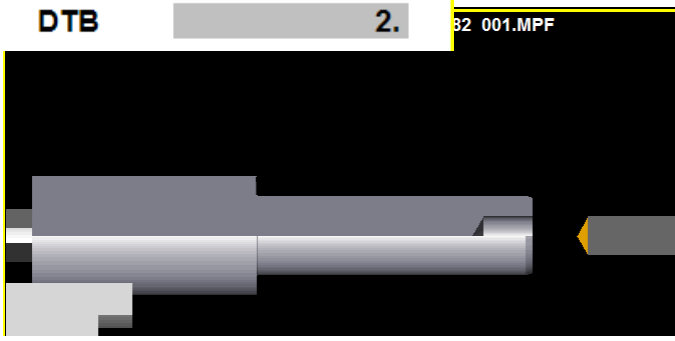
Ispunjena tablica je prikazana na slici

Cycle params:	CYCLE82	
Retract plane	RTP	5.
Ref. plane	RFP	-1.
Safety dist.	SDIS	3.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	15.
Dwell time	DTB	2.

Ispis u NC programu izgleda :

```
CYCLE82(5,-1,3,0,15,2)
```

Primjer:



Slika

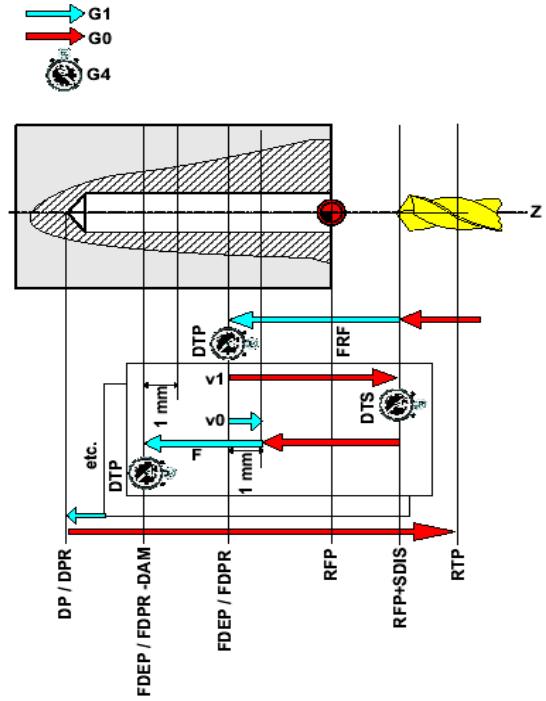
3.12.2.3. CYCLE 83 - Ciklus za duboko bušenje

Kod dubokog bušenja rupa svrdlo ne može iz jednog zahvata (ulaza) napraviti ukupnu dubinu provrta. Potrebno je prekidanje rada i vađenje svrdla zbog izbacivanja strugotine, hlađenja alata i izratka.

U tablici ciklusa 83 prikazani su potrebni parametri:

Slika

Cycle params:	CYCLE83	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Drill depth_1	FDEP	0.
Depth_1, incr	FDPR	0.
Degression	DAM	0.
Dwell time	DTB	0.
Dwell time	DTS	0.
Feedr. factor	FRF	1.
Operation	VARI	0



Rectract (Return) plane **RTP** - povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent (Absolute) plane **RFP** - referentna površina (površina u kojoj je nul točka W)
Safety distance **SDIS** - sigurnosno odstojanje (u brzom hodu G0)
Final drillling depth (Abs) **DP** - ukupna dubina bušenja
Depth increment **DPR** - površina do koje se buši od referentne površine
Drill depth_1 **FDEP** - apsolutna dubina prvog bušenja (G1)
Depth_1, increment **FDPR** - relativna dubina prvog bušenja (korak)
Degression **DAM** - vrijednost smanjenja koraka bušenja
Dwell time **DTB** - vrijeme čekanja na dnu rupe u sekundama
Dwell time **DTS** - vrijeme čekanja prije nastavka bušenja u sekundama
Feedrate factor **FRF** - faktor smanjena posmaka kod nastavka bušenja
Operation **VARI** - varijanta izrade rupe

Grafički prikaz svih parametara aktivira se tipkom i prikazan je na slici

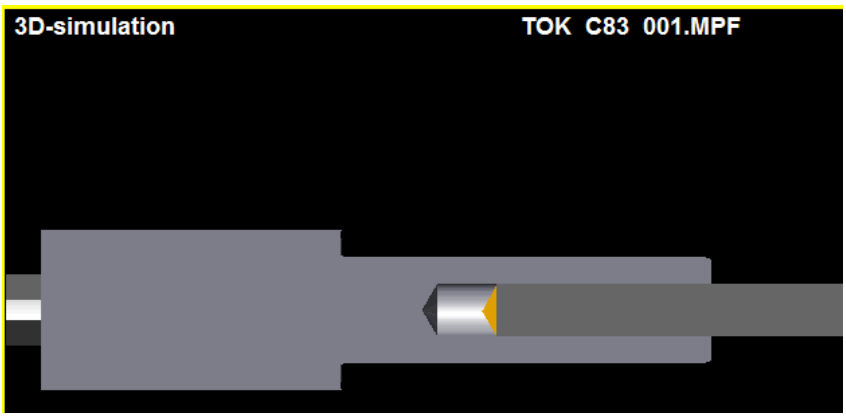
Ispunjena tablica je prikazana na slici

Cycle params:	CYCLE83	
Retract plane	RTP	5.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	5.
Drill depth_1	FDEP	-15.
Depth_1, incr	FDPR	0.
Degression	DAM	10.
Dwell time	DTB	2.
Dwell time	DTS	2.
Feedr. factor	FRF	1.
Operation	VARI	1

Ispis u NC programu izgleda :

```
CYCLE83(5,,5,-55,0,-15,0,10,2,2,1,1)
```

Primjer:



3.12.2.4. **CYCLE 83E** - Ciklus za duboko bušenje

Ovaj ciklus dubokog bušenja može bušiti rupe u pravcu X i Z-osi. Prednosti ciklusa su:
-nema izbora površina
-smjer bušenja se može odrediti
-mogu se koristiti bušne motke

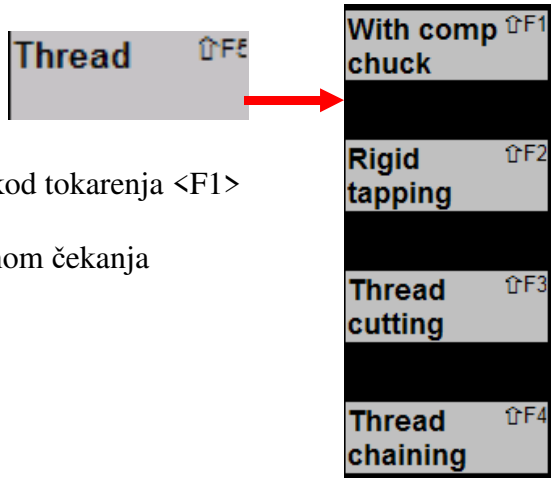
U tablici ciklusa 83E prikazani su potrebni parametri:

Cycle params:	CYCLE83E	
Ref. plane	RFP	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Drill depth_1	FDEP	0.
Degression	DAM	0.001
Dwell time	DTB	0.
Dwell time	DTS	0.
Operation	VARI	0
Direc. X=0 Z=1	DIR	0

Referent (Absolute) plane **RFP -** referentna površina (površina u kojoj je nul točka W)
Final drillling depth (Abs) **DP -** ukupna dubina bušenja
Drill depth_1 **FDEP -** apsolutna dubina prvog bušenja (G1)
Degression **DAM -** vrijednost smanjenja koraka bušenja
Dwell time **DTB -** vrijeme čekanja na dnu rupe u sekundama
Dwell time **DTS -** vrijeme čekanja prije nastavka bušenja u sekundama
Operation **VARI -** varijanta izrade rupe
Direct. X=0 Z=1 **DIR -** pravac (smjer) bušenja

Ispunjena tablica je prikazana na slici
Ispis u NC programu izgleda :
Primjer:
Slika

3.13. Thread – ciklusi za izradu navoja



Opcija <F5> **Thread** sadrži četiri ciklusa:

- With comp chuck - Ciklus 840 za izradu navoja kod tokarenja <F1>

- Rigid taping - Ciklus 84 za izradu rupa sa vremenom čekanja na dnu rupe kod tokarenja <F2>

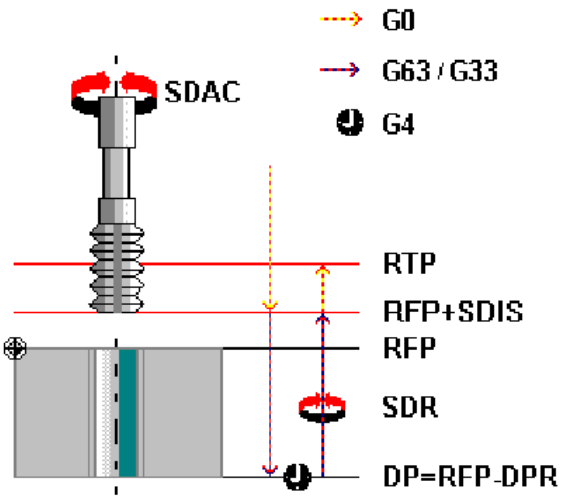
- Thread cutting - Ciklus 97 za narezivanje navoja kod tokarenja <F3>

- Thread chaining – Ciklus 98 za narezivanje niza navoja kod tokarenja <F4>

3.13.1. **- With comp. chuck -** Ciklusi 840 <F1> urezivanje navoja pomoću stezne glave

Pozivom ciklusa 840 za urezivanje navoja otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima. (Slika)

Cycle params:	CYCLE840	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Dwell time	DTB	0.
Direction of	SDR	3
Dir. of rot.	SDAC	4
Operation	ENC	1
Thread lead	MPIT	0.
Thread lead	PIT	0.

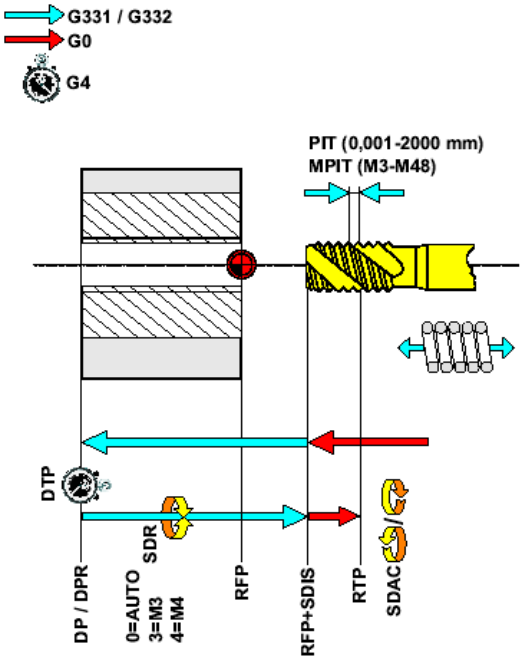


Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa. (slika)

Rectract plane **RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane **RFP -** referentna površina
Safety distance **SDIS -** sigurnosno odstojanje
Depth, apsolute **DP -** ukupna dubina bušenja
Depth increment **DPR -** površina do koje se buši od referentne površine
Dwell time **DTB -** vrijeme čekanja na dnu rupe u sekundama
Direction of **SDR -** smjer vratila za povrat
Dir. of rot. **SDAC -** smjer vratila po završetku ciklusa
Operation **ENC -** upotreba enkodera
Thread lead **MPIT -** korak navoja u nominalnoj vrijednosti (3 za M3, 24 za M24)
Thread lead **PIT -** korak navoja u mm (od 0.001 do 2000 mm)
Spindle **D**irection for **R**etraction - 0 –automatska promjena pravca, 3 – desno, 4 – lijevo
ENCoder - 0 – upotreba enkodera, 1 – bez upotrebe enkodera

Rad ciklusa navoja na stroju:

- Prije izvršenja ciklusa alat mora biti pozicioniran iznad rupe
- Približavanje rupi u brzom hodu
- Urezivanje navoja do određene dubine sa programiranom brzinom
- Stanka na dnu rupe
- Promjena smjera vrtnje zbog SDR
- Povratak na sigurnosno odstojanje
- Odmicanje do povratne površine u brzom hodu



- Namještanje pravca vratila SDAC

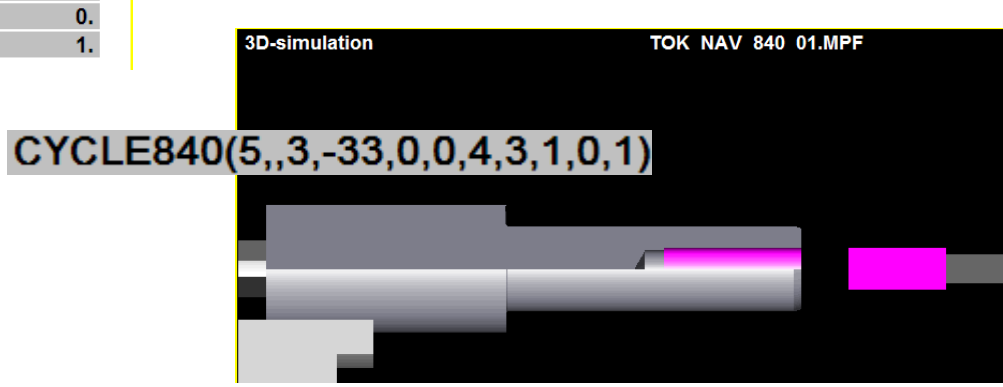
(slika)

Ispunjena tablica je prikazana na slici

Cycle params:	CYCLE840	
Retract plane	RTP	5.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	3.
Fin.dr.depth	DP	-33.
Depth incr.	DPR	0.
Dwell time	DTB	0.
Direction of	SDR	4
Dir. of rot.	SDAC	3
Operation	ENC	1
Thread lead	MPIT	0.
Thread lead	PIT	1.

Ispis u NC programu izgleda :

Primjer:

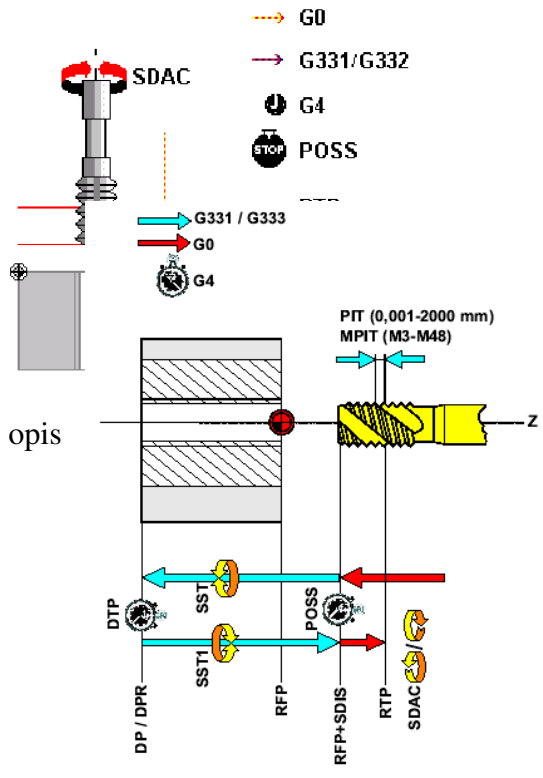


3.13.2. Rigid taping <F2> urezivanje navoja CYCLE 84

Pozivom ciklusa 84 za urezivanje navoja otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima. (Slika)

Cycle params:	CYCLE84	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Dwell time	DTB	0.
Dir. of rot.	SDAC	3
Thread lead	MPIT	-48.
Thread lead	PIT	-2000.
Spindle pos.	POSS	0.
Speed	SST	0.
Speed retr.	SST1	0.

Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa. (slika)



Rectract plane	**RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane	**RFP -** referentna površina
Safety distance	**SDIS -** sigurnosno odstojanje
Depth, apsolute	**DP -** ukupna dubina bušenja
Depth increment	**DPR -** površina do koje se buši od referentne površine
Dwell time	**DTB -** vrijeme čekanja na dnu rupe u sekundama
Dir. of rot.	**SDAC -** smjer vratila po završetku ciklusa
Thread lead	**MPIT -** korak navoja u nominalnoj vrijednosti (3 za M3, 24 za M24)
Thread lead	**PIT -** korak navoja u mm (od 0.001 do 2000 mm)
Spindle position	**POSS -** točna pozicija vretena u koju dolazi prije izvršenja ciklusa Speed
	SST - brzina vretena kod narezivanja
Speed retr.	**SST1 -** brzina povrata

Spindle **D**irection **A**fter **C**ycle - 3 – desno, 4 – lijevo, 5 - stop

Rad ciklusa navoja na stroju:

- Prije izvršenja ciklusa alat mora biti pozicioniran iznad rupe
- Približavanje rupi u brzom hodu
- Točna pozicija vretena
- Urezivanje navoja do određene dubine sa programiranom brzinom
- Stanka na dnu rupe
- Promjena smjera vrtnje
- Povratak na sigurnosno odstojanje
- Odmicanje do povratne površine u brzom hodu
- Namještanje pravca vratila SDAC

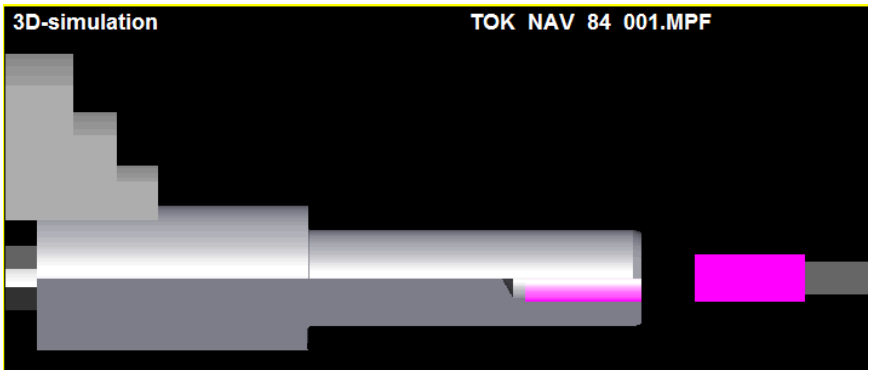
Ispunjena tablica je prikazana na slici

Cycle params:	CYCLE84	
Retract plane	RTP	5.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	1.
Fin.dr.depth	DP	-25.
Depth incr.	DPR	0.
Dwell time	DTB	0.
Dir. of rot.	SDAC	4
Thread lead	MPIT	0.
Thread lead	PIT	1.
Spindle pos.	POSS	0.
Speed	SST	300.
Speed retr.	SST1	300.

Ispis u NC programu izgleda : `CYCLE84(5,0,1,-25,0,0,4,0,1,0,300,300)`

Primjer:

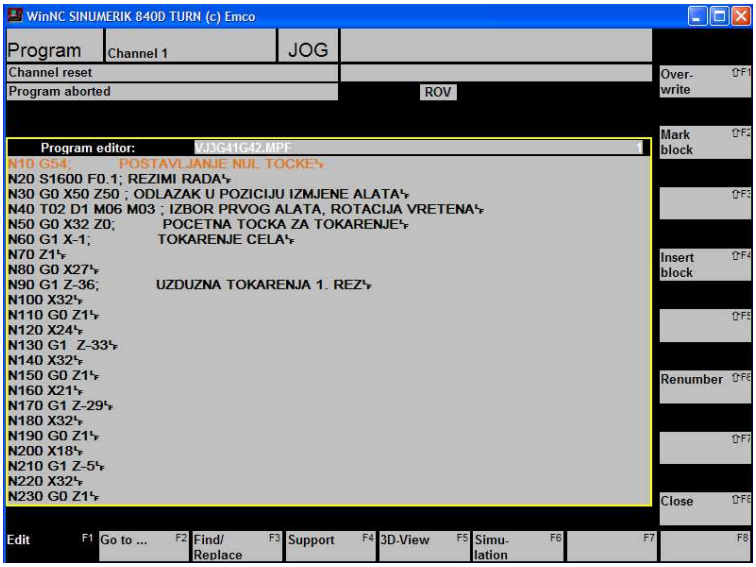
Slika



3.14. Simulacija programa

Napisani NC program se može simulirati u **2D** (**Simulation**) ili **3D (3D View)** kako bi se mogla vidjeti putanja alata (2D) ili putanja alata, promjene alata, dubine rezanja i izgled gotovog predmeta (3D).

Aktiviranje simulacije je u operativnom modu **Programs** te izborom odgovarajućeg NC programa otvara se novi prozor sa mogućnošću izbora simulacije u 2D ili 3D.
Ovim programom testira se sam ispis programa – korektnost ispisa i geometrija putanje alata.
Moguće greške u programu signaliziraju se u prozoru Alarm sa upisanim kodom pogreške.

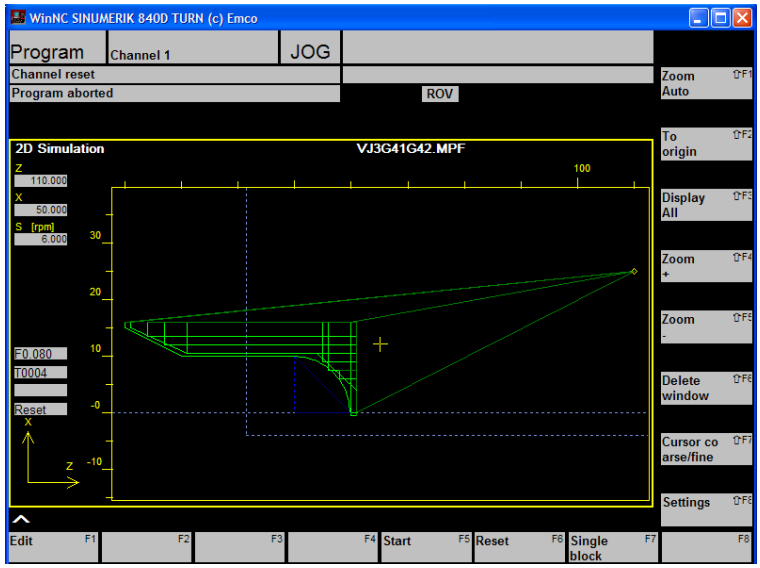


Simulacija ne prepoznaje tehnološke pogreške kao npr. krivi smjer rotacije, loše izabrane režime rada, vrijednosti korekcija alata i sl.

Tipkom **Simulation** otvara se prozor za simulaciju u 2D koji nam grafički prikazuje aktualnu poziciju koordinatnog sustava, posmak (feed), alat (tool), status simulacije (Start/Reset/Single), postavu simulacije (Settings), i zumiranje – povećanje /smanjenje prikaza trajektorija putanje alata.

Prikazane boje na ekranu znače slijedeće:

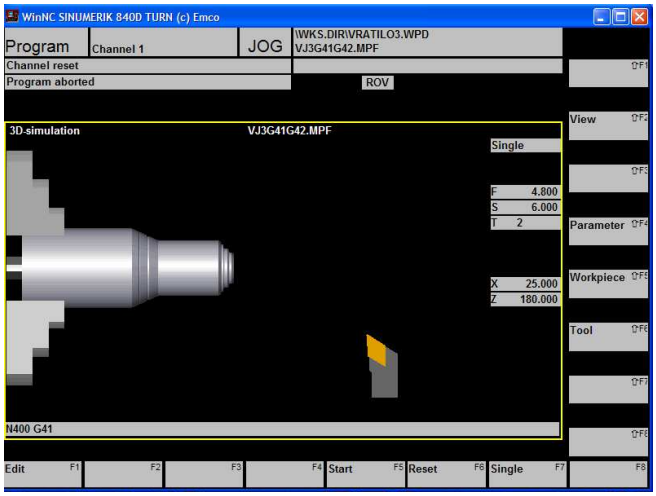
- svijetlo-zelena – putanja vrha oštrice alata u radnom hodu
- tamno zelena – putanja alata u brzom hodu
- žuta – reticule, simbol alata, središnjica itd.
- plava – pomoćne crte kružnog gibanja



Tipkom **Start** pokreće se simulacija, Reset vraća simulaciju na početak a **Single** pokreće simulaciju blok po blok (nastavlja se sa Start).

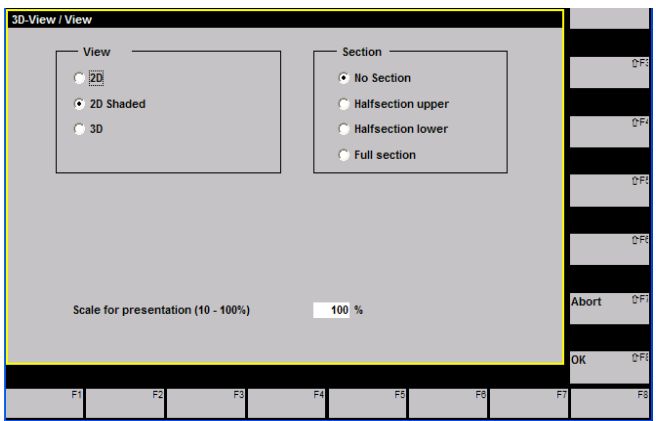
Simulacija u 3D kreće aktiviranjem horizontalne funkcijske tipke **3D-View** <F5>.

Ova simulacija daje bolju preglednost simulacije sa izgledom korištenih alata i češće se koristi. Simulaciju ćemo pokazati na primjeru vježbe br. 3 sa detaljnim opisom korištenih funkcijskih tipki.



Otvaranjem simulacije **3D-View** u prozoru se aktiviraju nove vertikalne i horizontalne funkcijske tipke.

3.14.1. Vertikalne funkcijske tipke - daju redom slijedeće parametre:



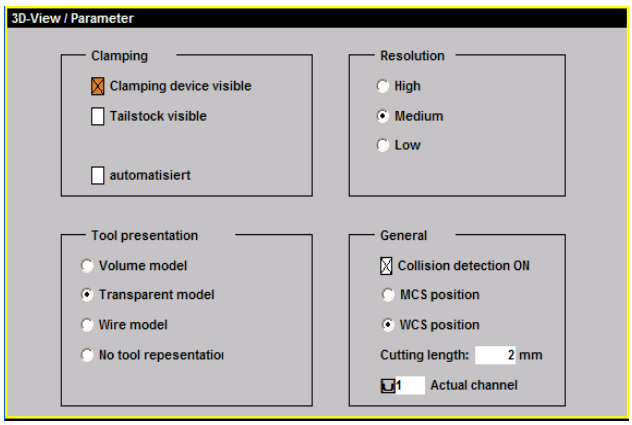
1. **Pogled simulacije** – **View** <F1> omogućuje biranje pogleda na

izradak, (2D, 2D sjenčano ili 3D) te presjek (bez presjeka, gornji polu presjek, donji polu presjek ili puni presjek)

Također je moguće mijenjati i veličinu pogleda (mjerilo) od 10 – 100 %.

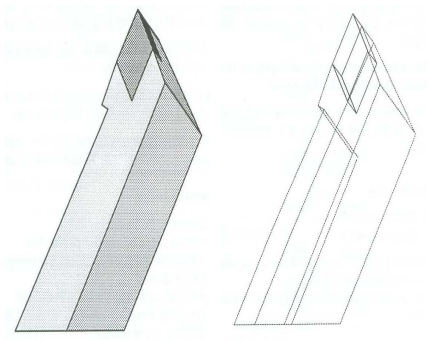
2. **Postavljanje parametara simulacije – Parameter** <F3>

daje nekoliko mogućnosti:



- **Stezanje izratka – Clamping** može prikazati steznu glavu ili ne, te biti postavljeno na automatiku (ako postoji automatsko stezanje izratka na stroju). Također u simulaciji možemo prikazati konjić ili ne (Tailstock visible)

- **Prikaz alata – Tool presentation** može biti:



Volume model – prikazuje alat kao trodimenzionalno tijelo – volumen – najbolji prikaz alata
Transparent volume model – prikazuje alat prozirnim i može sa stalno vidjeti iza alata
Wire model - prikazuje alat kao žičani model (slika 9.6)
No tool representation – ne prikazuje alat

- **Rezolucija – Resolution** može biti:

visoka - **High**,
srednja – **Medium**
niska - **Low**.

Što je veća rezolucija to će biti sporija slika prikaza obrade u 3D. Najbolji prikaz simulacije je u 2D sa prikazom alata u Volume model-u.

- **Opći parametri – General** omogućuju postavljenje:

  - Otkrivanje kolizije (sudara) – **Colision detection** – koja prikazuje:

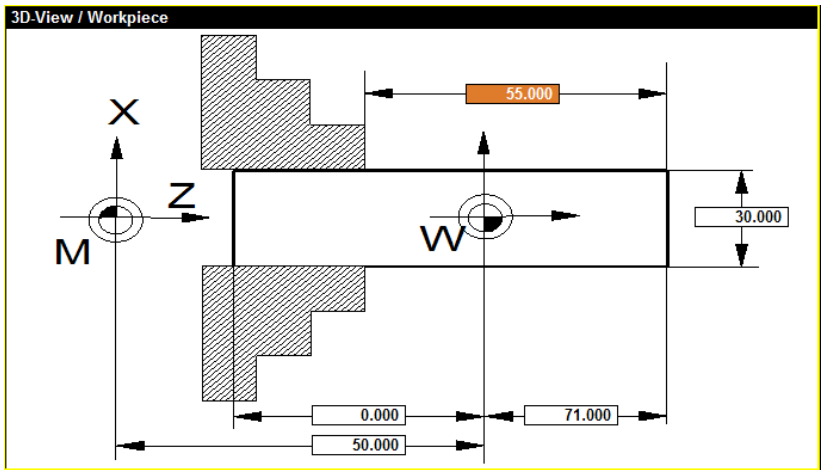
Koliziju alata i izratka u brzom hodu
Koliziju alata i stezne glave (škripca)

Koliziju dijelova alata koji ne režu materijal s izratkom ili steznom glavom (škripcem kod glodanja)

- Pozicije od nul točke - **MCS / WCS position** prikazuje simulaciju od strojne nul točke ili radne nul točke izratka.

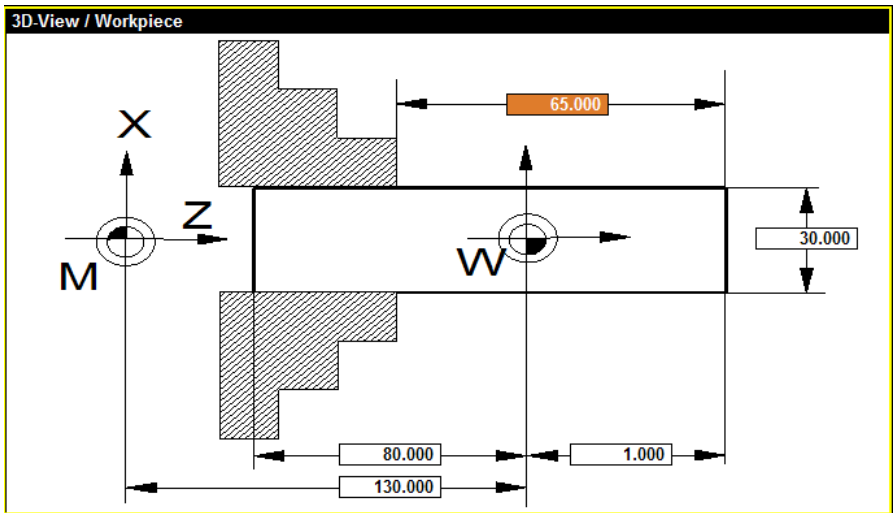
- Brzine simulacije rezanja – **Cutting** određuje brzinu simulacije – što je brzina manja prikaz je realističniji, ali duže traje.

3. **Definiranje izratka** - **Workpiece** <F5> - otvara prozor sa skicom sirovog izratka (sirovca) i karakterističnim dimenzijama. Ovdje je potrebno unijeti slijedeće koordinate:

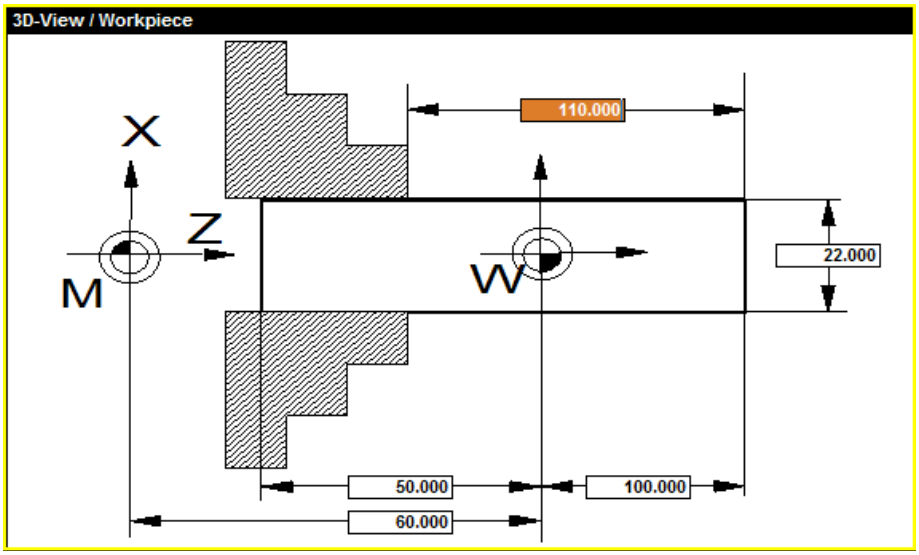


- **Z** - udaljenost nul točke izratka **W** od strojne nul točke **M** (to je koordinata određena funkcijom G54 iz *Parametar – Workoffset)* – npr. 50 mm (to je pomoćna točka A)
- udaljenost od točke W (A) do početne površine izratka – npr. 0 mm – ova nam kota kazuje da se pomoćna točka A nalazi na početnoj površini izratka
- **Z** - udaljenost od nul točke izratka **W** (A) do čela izratka (sirovca) – npr. 71 mm – ovom kotom i funkcijom TRANS Z70 prebacili smo točku W na čelo izratka – 1 mm je dodatak za obradu koji smo skinuli čeonim tokarenjem
- promjer izratka – npr. 30 mm
- **Z** - udaljenost od čela izratka (sirovca) do čela čeljusti amerikanera – npr. 55 mm – ova kota nam kazuje koliko duboko je sirovac u čeljustima amerikanera

Simulaciju smo mogli provesti i sa drugačijom postavom kota sirovca. Neka je npr. naš sirovac dužine 80 mm a želimo nul točku W prebaciti direktno na čelo izratka. U ovom slučaju funkcija G54 ima koordinatu Z130 (*Parametar – Workoffset*) a ostale kote su kao na slici.



Neka naš sirovac ima koordinate kao na slijedećoj slici. Analizirajmo te koordinate i utvrdimo eventualne nepravilnosti u kotiranju !

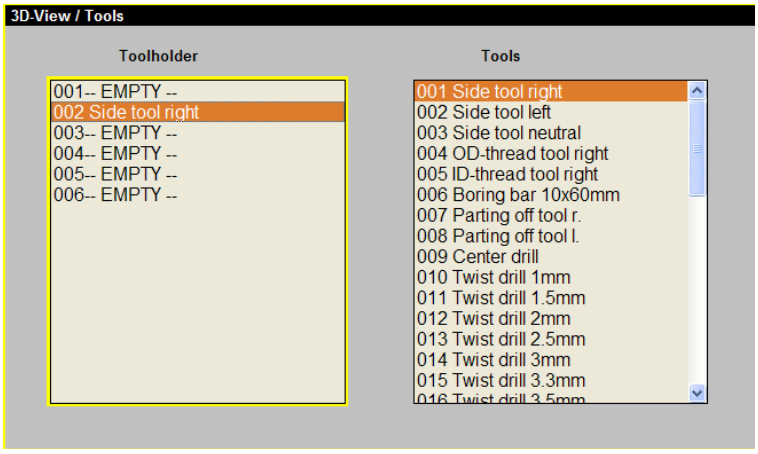


Iz analize koordinata vidimo da je naš izradak dug 150mm, promjera 22mm i da viri 110 mm van površine čeljusti amerikanera a položaj nul točke je 10mm ispred čeljusti što nije dobro. Ispravnije je da je koordinata 50 = 0, što bi značilo da je izradak dug 100mm a točka W bi se nalazila na početnoj površini izratka pa bi sa funkcijom TRANS mogli prebaciti točku W na čelo izratka. Morali bi promijeniti i koordinatu 110 na npr. 80 što znači da je izradak 20 mm duboko u čeljustima amerikanera. Ovim primjerom pokazali smo da je itekako važno postaviti ispravne koordinate za pravilno provođenje simulacije.

Kod upisivanja vrijednosti ovih koordinata treba voditi računa da li je izabrana funkcija **MCS** ili **WCS position**.

4. **Definiranje alata** - **Tools** <F6> omogućuje određivanje alata koji će obrađivati predmet

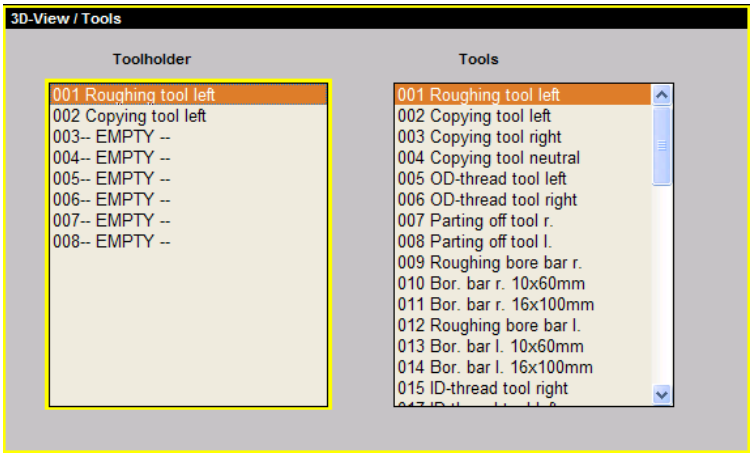
Tipkama odaberi alat – **Take tool** <F4> ili obriši alat - **Remove tool** <F5> dodjeljuje se alat pojedinom držaču alata (Toolholder) u revolverskoj glavi .



Po odabiru svih potrebnih alata kod izabranog programa potrebno je potvrditi odabir funkcijskom tipkom **OK**.

Prva slika predstavlja tablicu odabira alata kod CNC tokarilice EMCO Turn55 a druga kod EMCO Turn105. Uočimo da je kod druge tokarilice puno veći izbor alata.

U držač sa parnim brojevima ubacujemo alate za vanjska tokarenja a alati za unutarnja tokarenja i bušenja imaju neparan broj.



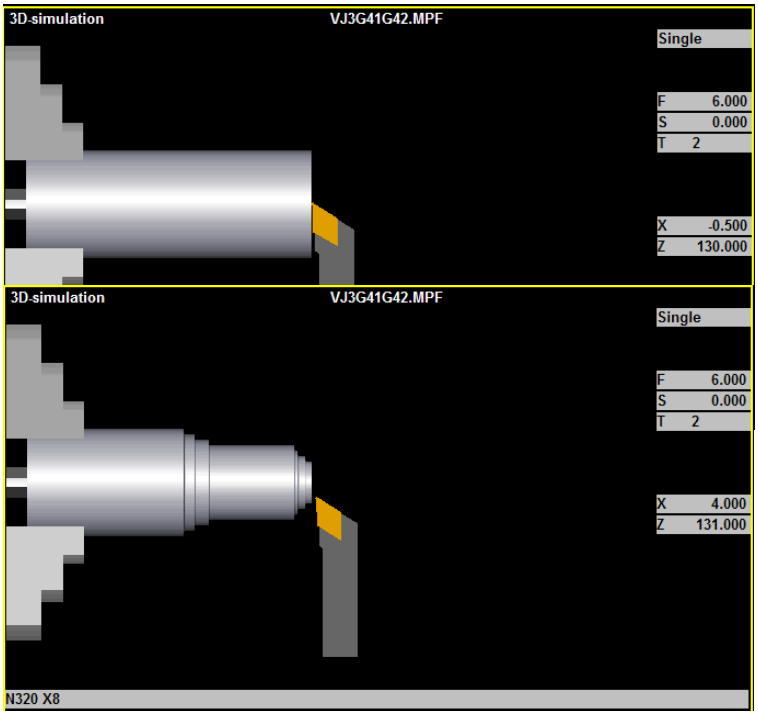
3.14.2. Horizontalne funkcijske tipke

- **Uređivanje NC programa – Edit** <F1> vraća 3D - prozor u prozor za uređivanje NC programa kako bi se napravile potrebne korekcije.
- **Pokretanje simulacije NC programa – Start** <F5> pokreće kontinuiranu simulaciju NC programa.
- **Poništavanje simulacija NC programa – Reset** <F6> zaustavlja NC program i vraća ga na početni blok kako bi se ponovo, od početka, mogao simulirati.
- **Blok po blok prikazivanje NC programa – Single** <F7> pokreće simulaciju NC programa i izvršava ju postepeno kako se pritišće tipka **Start**.

Prikaz simulacije vježbe br.3.

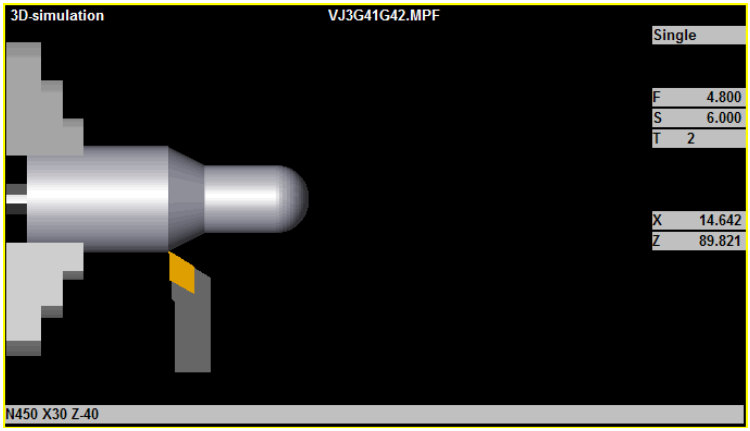
.

Poravnavanje čela



Uzdužna tokarenja – skidanje slojeva prema planu rezanja (vidi sliku na strani x)

Konturno – završno tokarenje (ovdje smo koristili funkciju korekcije polumjerom alata – G 41)



3.15. Potprogrami

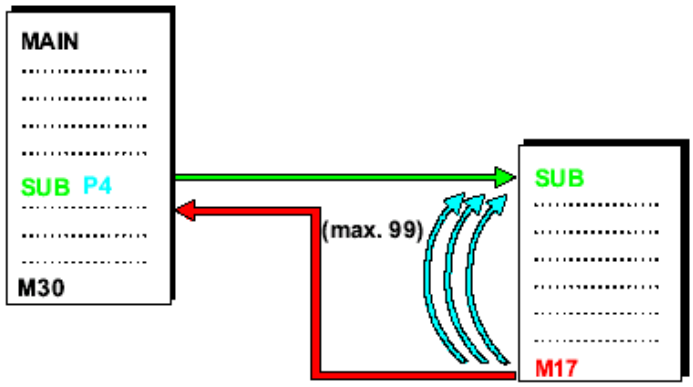
Potprogrami su dijelovi glavnog programa koji se moraju više puta ponoviti. Ukoliko imamo na izratku više istovrsnih (jednakih) operacija (npr. profilni utor) potprogramom se isprogramira jedna operacija i po potrebi se pozove više puta u glavnom programu. Na taj način ubrzava se programiranje jer se potprogram piše samo jednom a možemo ga primijeniti po volji više puta ne samo na jednom izratku već i na drugim dijelovima.
Potprogrami se pišu u posebnim blokovima (Programs **/ Subprograms**) i imaju svoja imena po kojima ih se poziva a također i broj izvršenja potprograma (P). Pišu se inkrementalno a završavaju sa funkcijom M17.

Primjer:

```
N140 G0 X10 Y10
N150 PERO P5
```

U 150-toj naredbi na poziciji X10, Y10 pozvan je potprogram PERO koji će se izvršiti 5 puta (**P5**)

Koristeći naredbu **P** svaki potprogram se može izvršiti više puta (maksimalno 99 puta).



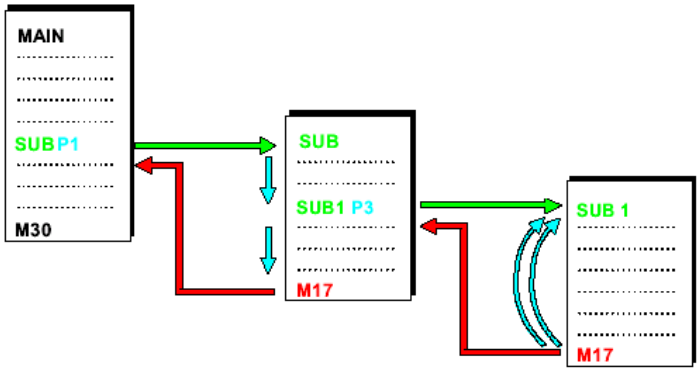
Sl.x Grafički prikaz korištenja potprograma

Veća primjena potprograma je kod glodanja pa ćemo to tamo podrobnije objasniti.

Potprogram se može pozvati i naredbom **MCALL + ime.potprograma**. Tada će se izvršavati iza svakog bloka (NC programske rečenice) glavnog programa. Opoziv izvršenja potprograma je samo naredbom **MCALL**.

Struktura poziva potprograma

Moguće je pozvati do 9 nivoa potprograma. Ciklusi se smatraju jednom vrstom potprograma i njih je moguće pozvati i u devetom nivou potprograma. Znači da ukupno – teoretski – postoji deset razina potprogramiranja (vidi donju sliku!)



Sl. x Nivoi potprograma

3.15.1. Vj.7. Izrada potprograma

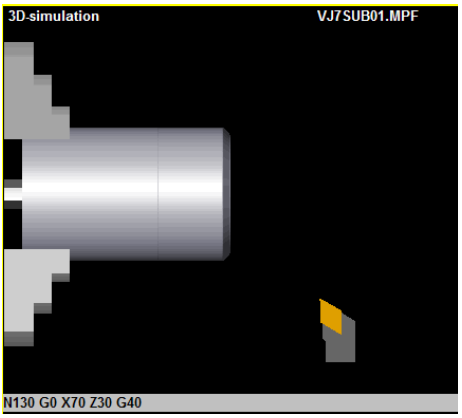
Zadatak:

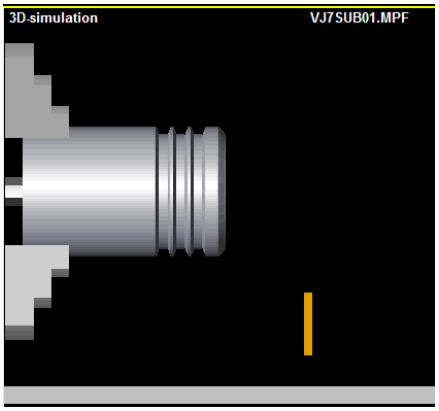
Za izradak prema slici kod kojega je napravljen program i izvršena simulacija, nakon analize, nacrtati (skicirati) izradak sa potrebnim kotama te odgovoriti na slijedeća pitanja:

1. Koliko ima alata u programu i kako se zovu?
2. Što znači funkcija G96 u bloku N40?
3. Zašto smo u bloku N90-N100 stavili funkciju G42?
4. U kojem bloku smo pozvali funkciju potprograma i kako se zove?
5. Zašto smo poslije poziva potprograma stavili funkciju G90?

```
Program editor:  VJ7SUB01.MPF
N10 G54
N20 TRANS Z70
N30 T2 D1 M4 M6
N40 G96 S200 LIMS=2000
N50 G0 X47 Z0
N60 G1 X-1 F0.3
N70 G0 Z1
N80 X40
N90 G1 Z0 G42
N100 X44 CHF=4.243
N110 Z-25
N120 X46
N140 T6 D1 M4 M6
N150 G0 X46 Z-8
N160 KONUT P1
N170 G90
N180 G0 X46 Z-14
N190 KONUT P1
N200 G90
N210 G0 X46 Z-20
N220 KONUT P1
N230 G90
N240 G0 X70 Z30
250 M30
```

```
Program editor:  KONUT.SPF
%_N_KRNUT_SPF
N0010 G91 G1 X-6 F0.1
N0020 G4 F1
N0030 G0 X6
N0040 Z1
N0050 G1 X-1
N0060 X-5 Z-1
N0070 G4 F1
N0080 G0 X6
N0090 Z-1
N0100 G1 X-1
N0110 X-5 Z1
N0120 G4 F1
N0130 G0 X6
N0140 M17
```

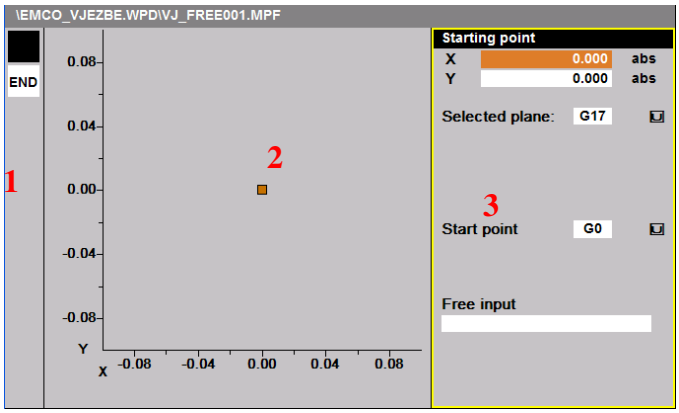




3.16. Programiranje slobodnih kontura (Free contour programming)

U ovom modu moguće je nacrtati konturu izratka, koja mora imati svoj naziv, i pohraniti je kao potprogram (Subprogram) te je po potrebi pozvati i ugraditi u glavni program. Ako je kontura nacrtana nije potrebno posebno pisati potprogram konture jer je on automatski napisan samim crtanjem. Ovaj mod se najviše primjenjuje kod ciklusa tokarenja konture (Stock removal).

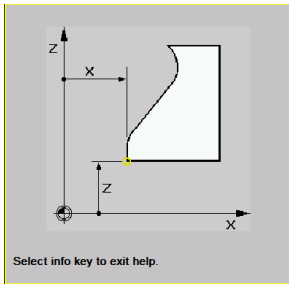
Aktiviranjem opcije **Support** – **New contour** otvara se prozor sa slike



Prozor je podijeljen u tri područja

1. Programirani elementi konture
2. Grafički prikaz programiranih elemenata
3. Prozor za programiranje

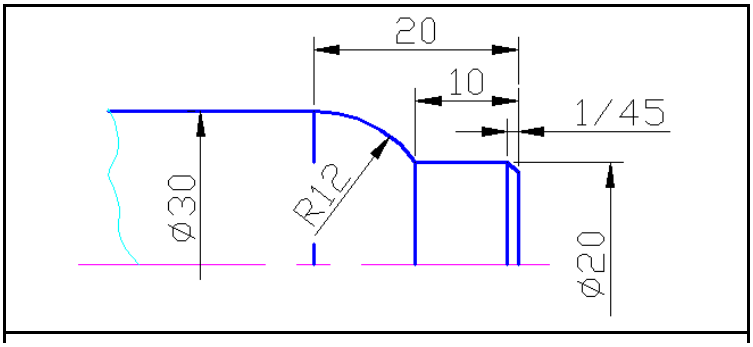
Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički aktivna programirana vrijednost.



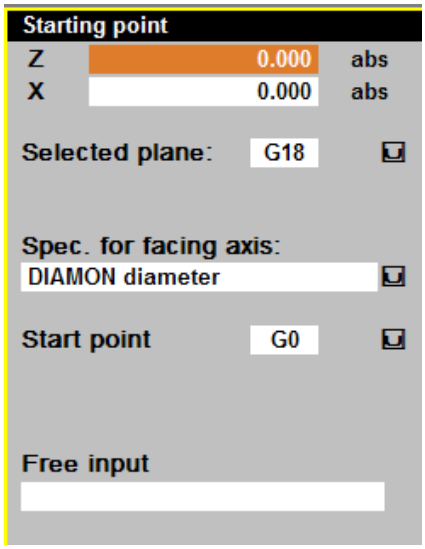
Primjer crtanja slobodne konture

Zadatak:

Potrebno je nacrtati konturu prema slici u Free contuor modu i izvršiti simulaciju izrade.



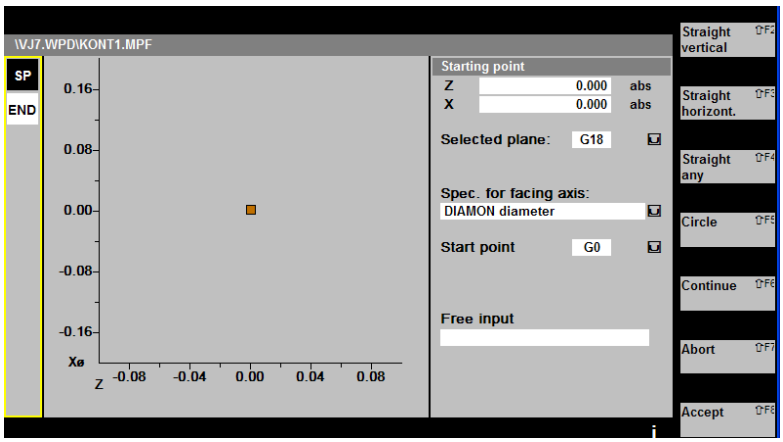
Određivanje početne točke (Starting point)



Najprije se određuje početna točka odakle kreće crtanje. To je obično ishodište koordinatnog sustava i točka na središnjici sa čeone strane izratka. Vrijednosti koordinata se upisuju u apsolutnom iznosu (**G90**).
Prozor za programiranje nudi i izbor radne površine **G17**, **G18** ili **G19**. Kod tokarenja ravnina crtanja je G18.
Opcijom **DIAMON** upisujemo koordinate po X osi u promjerima, a DIAMOFF daje koordinate u radijusima.
Također se određuje i način prilaza startnoj točki sa **G0** ili **G1**.
U prozor **Free input** upisujemo proizvoljno željene podatke kao npr. posmak i sl.

Odabirom **Starting point** X i Y koordinate startne pozicije te njihovim potvrđivanjem **Accept element** <F8>, otvara se novi prozor koji nam omogućuje daljnje crtanje.

U prvom dijelu prozora dodan je element **S**tart **P**oint (SP) koji definira startnu točku. Ona se može preprogramirati (dodijeliti nove koordinate X i Y) dvostrukim «klikom» na tipku miša.

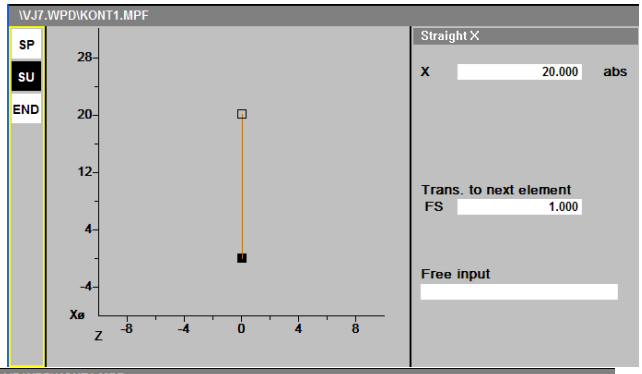


Vertikalnim funkcijskim tipkama određujemo smjer crtanja slijedećeg elementa:

- **Straight verticaly** - pravocrtno vertikalno <F2>
- **Straight horizontaly** - pravocrtno horizontalno <F3>
- **Straight any** - pravocrtno bilo gdje (kosine) <F4>
- **Circle** - kružnice <F5>
- **Continue** - nastavi <F6>
- **Abort** - poništi <F7>
- **Accept** - prihvati <F8>

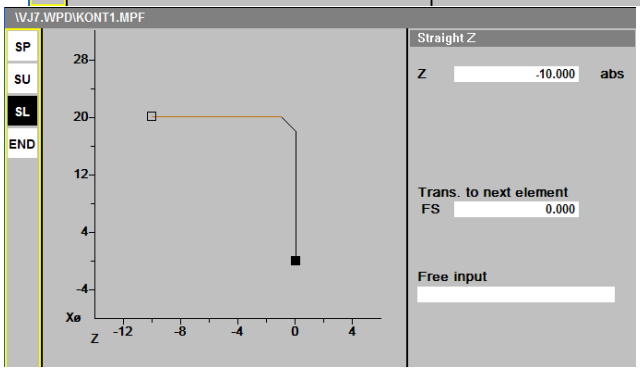
Crtanje vertikalne crte – Straight vertical

Crtamo vertikalnu crtu dužine 20 mm. Za vrijeme prijelaza na slijedeći element možemo izabrati opciju skošenja ili zaobljenja postojeće crte (Chamfer/radius/undercut FS ….1mm)



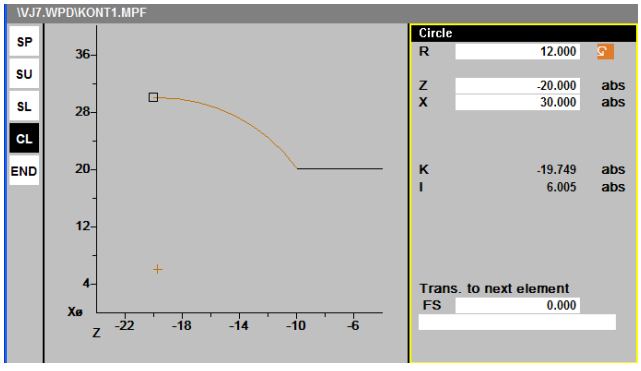
Crtanje horizontalne crte – Straight horizontal

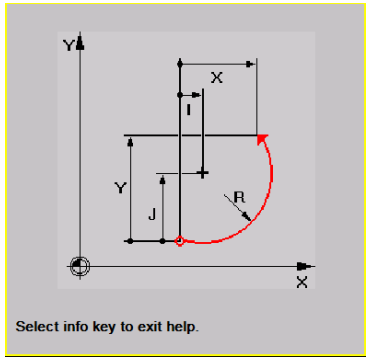
Horizontalna crta završava sa točkom Z-10 mm. Prihvaćanjem ove kote (Accept element) automatski se crta skošenje od 1/45 mm.
Skošenje smo mogli nacrtati i opcijom Straight any (kosa crta) nakon vertikalne crte dužine 18 i koordinate slijedeće točke Z-1, X20



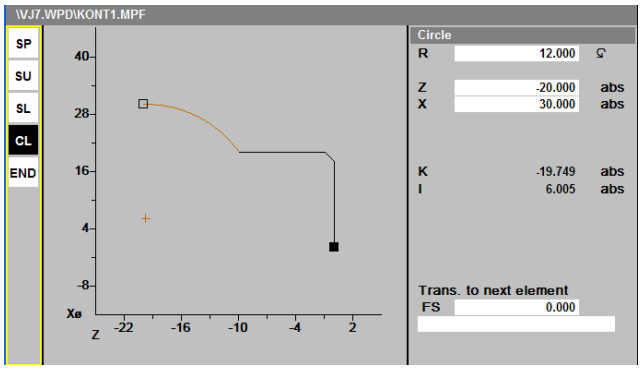
Crtanje kružnice – luka -Circle

Kod crtanja kružnog luka potrebno je unijeti koordinate radijusa luka R12, te koordinate konačne točke luka Z-20, X30. Koordinate središnje točke luka (K, I) se automatski proračunaju.
Ukoliko luk nije pravilno orijentiran popravljamo ga funkcijskom tipkom **Alternative** (promjena smjera rotacije) **Dialog select** i prihvaćamo sa **Dialog accept.**

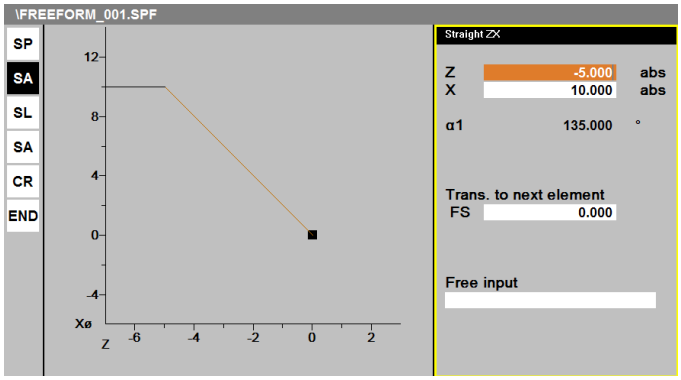




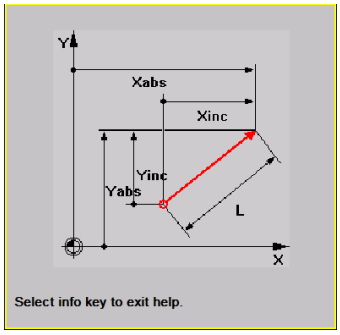
Grafički prikaz funkcije vidi se u novom prozoru po aktiviranju tipke «info»



Kontura se završava sa funkcijskom tipkom **Accept element** a tipkom **Accept** vraćamo se ponovo u editor za crtanje.
Postojeća kontura može se mijenjati (modificirati) sa funkcijskom tipkom **Recompile.** Za vrijeme ovog procesa kursor editora mora biti pozicioniran unutar konture.



Kosa crta – Straight any - Odabirom <F4> crta se kosina.
X i Y koordinate se upisuju u apsolutnoj vrijednosti.
Moguće je upisivanje inkrementnih vrijednost nakon aktiviranja tipke **Alternative** <F2>.
Automatski se ispisuje vrijednost kuta □**1**.
Trans to next element je opcija prijelaza na slijedeći element.
Mogućnosti su: **FS** – zakošenje ili
R – radijus.
Pojavljuje se element **SA** - Straight Anywere u prozoru programiranih elemenata konture.



Grafički prikaz funkcije vidi se u novom prozoru po aktiviranju tipke «info»

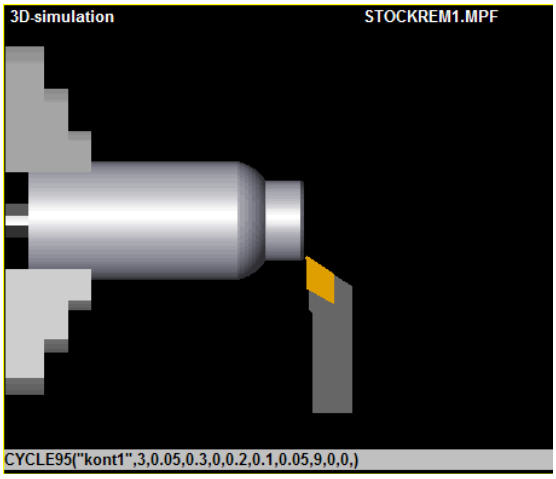
Po završenom programiranju u Free contour opciji dobiva se gotova kontura po kojoj će ići obrada (slika).
Zatvaranjem crtanja konture (Close) možemo vidjeti ispis potprograma konture.

Free contour završava sa naredbom **M17** - znači da je pisan za potprograme.
Brisanjem naredbe M17 može se koristiti kao dio glavnog programa.

```
Program editor:          KONT1.MPF
;#7__DlgK contour definition begin - Don't change!;*GP*;*RO*
G18 G90 DIAMON ;*GP*
G0 Z0 X0 ;*GP*
G1 X20 CHR=1 ;*GP*
Z-10 ;*GP*
G3 Z-20 X30 K=AC(-19.749) I=AC(6.005) ;*GP*
;CON,2,0.000,3,3,MST:1,2,AX:Z,X,K,I;*GP*;*RO*
;S,EX:0,EY:0;*GP*;*RO*
;LU,EY:20;*GP*;*RO*
;F,LFASE:1;*GP*;*RO*
;LL,EX:-10;*GP*;*RO*
;ACCW,EX:-20,EY:30,RAD:12,EMCOSS:1;*GP*;*RO*
;#End contour definition end - Don't change!;*GP*;*RO*
M17
```

Da bi nacrtanu konturu simulirali moramo otvoriti novi program (Workpeace/Program editor) ,dati naziv programu (npr. Stockrem1) napisati program i u funkciji Stock removal (Cycle95) napisati naziv potprograma (kont1) i tražene parametre konture.

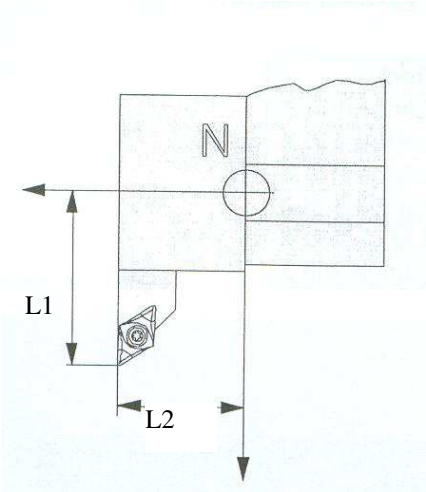
```
Program editor:          STOCKREM1.MPF
G54
TRANS Z70
G0 X100 Z100
T02 D1 M04 M06
G96 S250
G0 X35 Z0
G1 F0.1 X-1
G0 X35 Z5
CYCLE95("kont1",3,0.05,0.3,0,0.2,0.1,0.05,9,0,0,)
G0 X50 Z50
M30
```



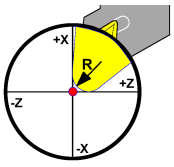
3.17. Korekcije alata / Mjerenje alata

Korekcije alata i unošenje mjera alata u memorijsko mjesto računala je vrlo bitno za pravilno izvršenje obrade na samom stroju. Da nemamo ove podatke o alatima došlo bi do sudara alata sa izratkom jer su alati različite dužine i oblika a u programu se prati samo vrh oštrice alata.
Ovim problemom mjerenja i podešavanja alata u revolversku glavu bavi se posebna služba pri tehničkoj pripremi proizvodnje.
Komande u programu, kako smo već vidjeli, za poziv potrebnog alata sa njegovim mjerama – korekcijama vrši se pomoću funkcija :
T1…32000 – broj alata u revolverskoj glavi
D1…9 - broj korekcije alata – mjesto u memoriji gdje se nalaze podaci o korekciji alata (korekcije dužine alata L1, L2, L3 – radijus alata…)

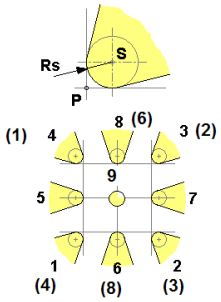
Za mjerenje korekcije alata mjerodavna je referentna nul točka N koja se kod većine CNC tokarilica nalazi na čelu revolverske glave na diobenom promjeru.
Kao što smo rekli mjeri se vrh oštrice alata po osi X (L1) do točke N, udaljenost vrha alata po osi Z do točke N (L2) i kod bušačkih alata (npr. spiralno svrdlo) dužina alata unosi se pod L3. (vidi sliku x)



Podaci o radijusu zaobljenja vrha alata važni su kada se koristi funkcija kompenzacije alata G41/G42.



U ovisnosti o tipu alata (bušački alati ili alati za tokarenje) mora se unijeti u memorijsko mjesto alata i položaj vrha oštrice u odnosu na izradak (Cutter position – vidi stranicu x).
Brojevi u zagradi odnose se na tokarilice sa položajem alata odozdo (sa prednje strane izratka).



Tipovi bušačkih alata

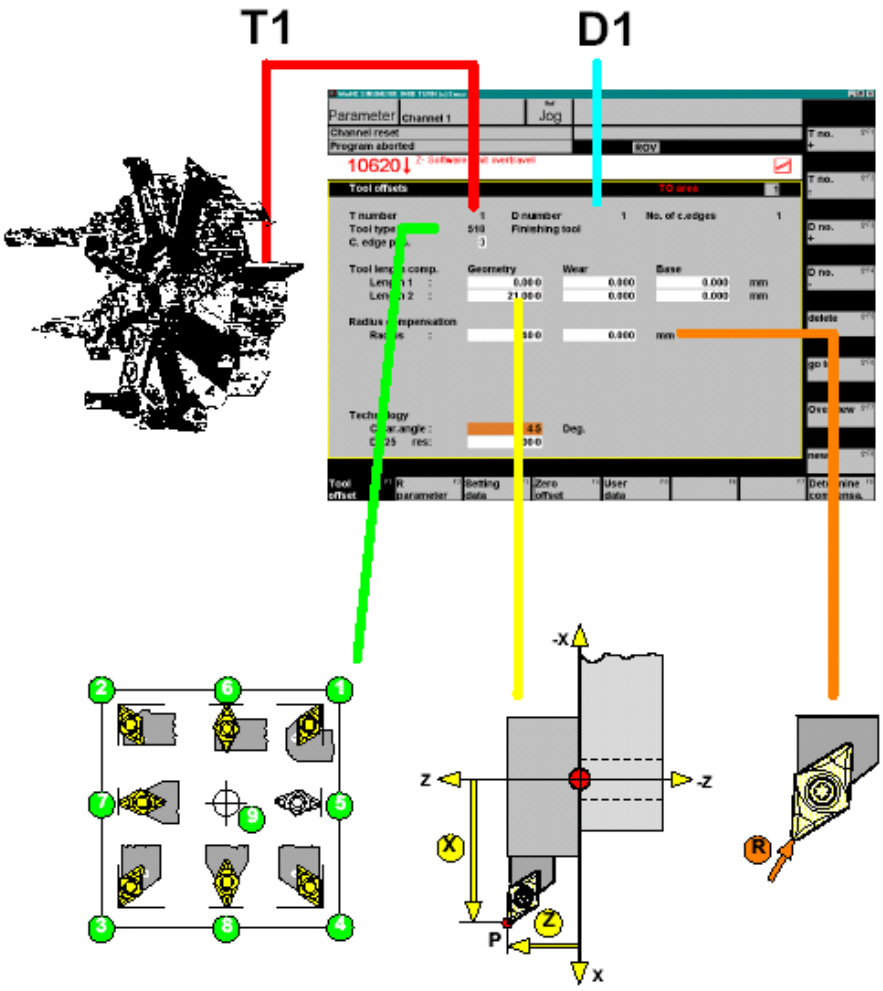
200 – spiralno svrdlo (twist drill)
205 – čvrsto svrdlo (solid drill)
210 – bušačka motka (boring bar)
220 – zabušivač (center drill)
230 – konusni upuštač (countersink)
231 – konusno svrdlo (counterbore)
240 – ureznik za normalne navoje (tap for regular threads)
241 – ureznik za fine navoje (tap for fine threads)
242 – ureznik za Withworthove navoje
250 – razvrtač (reamer)

Tipovi alata za tokarenje

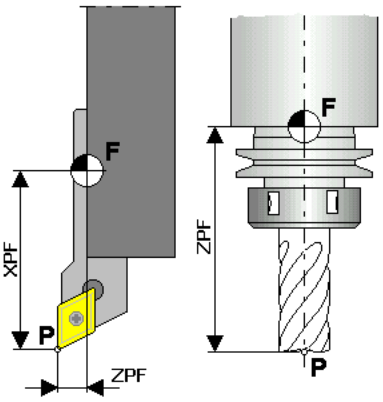
500 – nož za grubo tokarenje (roughing tool)
510 – nož za fino tokarenje (finishing tool)
520 – nož za urezivanje (cut in tool)
530 – nož za odsijecanje (cut-off tool)
540 – nož za narezivanje navoja (thread tool)

3.17.1. Grubi prikaz unošenja korekcija alata

Sve vrijednosti o određenom alatu upisuju se u bazu podataka za odabrani alat T pod **Parameter**, **Tool offset**. Detaljni opis određenih parametara alata kao i opis vertikalnih funkcijskih tipki možete naći u poglavlju 1.7. **Radno područje PARAMETER** na stranici **X.**



3.17.2. Mjerenje alata



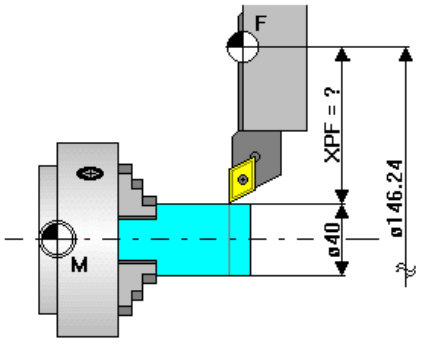
Postoje dvije osnovne metode mjerenja alata:

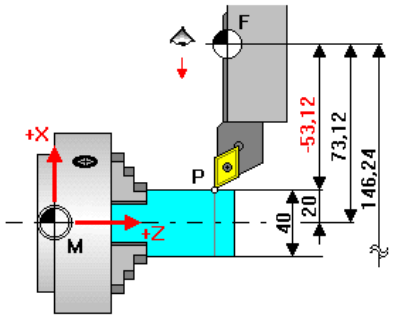
- Metoda dodira (Stratch method)
- Metoda mjerenja pomoću optičkog uređaja

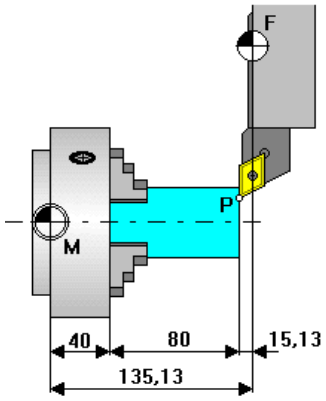
Osnovne mjerne veličine alata su kod tokarenja XPF, tj. radijalna udaljenost vrha oštrice do referentne točke F(N) po osi X i ZPF, tj. aksijalna udaljenost vrha alata do točke F(N) po Z osi.
Kod glodanja važna je samo korekcija po visini alata, tj. veličina ZPF.

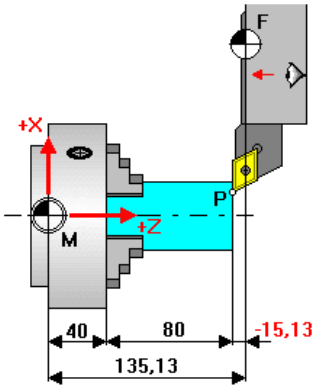
3.17.2.1. Metoda dodira (Stratch method)

Ova metoda bazira se na dodiru izratka poznatog promjera vrhom oštrice alata, pri čemu se mogu proračunati tražene korekcije u po osi X (L1= XPF) i po osi Z (L2=ZPF). Prethodno se mora referentna točka alata N(F) dovesti u točku W (čelo izratka). Vidi slike!
Smjer korekcije dobije se pogledom od ref. točke F prema vrhu alata pa ako je smjer prema negativnoj osi korekcija je negativna i obrnuto.







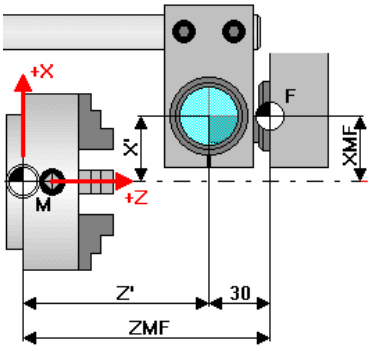


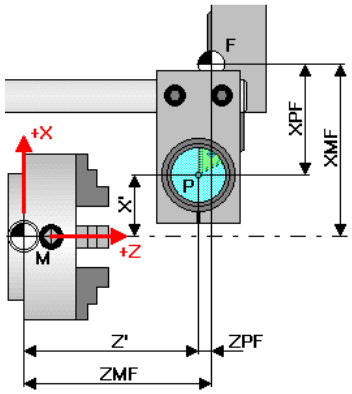
Redoslijed rada mjerenja alata kod metode dodira

1. učvrstimo izradak u steznu glavu sa obrađenim čelom i točno izmjerenim promjerom
2. dovedemo čelo revolverske glave na čelo izratka čime se točka F dovodi u točku W po Z osi. Pri tome izradak miruje. U JOG modu reduciramo posmak na 1% a između izratka i diska revolverske glave ubacujemo list papira. Primičemo čelo revolverske glave do izratka dok papir ne zapne.
3. očitamo i zabilježimo aktualnu Z poziciju (npr. 120 = 40+80)
4. odmaknemo revolversku glavu od izratka i pozovemo prvi alat koji ćemo mjeriti (npr. desni nož za fino tokarenje) – alat zarotiramo u poziciju izrade pomoću tipke za rotiranje revolverske glave na upravljačkoj jedinici stroja.
5. dovedimo vrh alata na čelo izratka, ubacimo papir, reduciramo posmak.
6. pozovemo registar alata (radno područje ***Parameter/ Tool offset)*** i izaberemo željeni alat i korekciju sa funkcijskim tipkama «T no, D no.».
7. za bušačke alate postavmo kursor na Geometry L3, za alate za tokarenje na Geometry L2.
8. pritisnemo tipku «Determine compensation».
9. u okviru «Reference dimensions» postavimo os na Z.
10. unesimo vrijednost iz točke 3 kao «Reference value».
11. prenesemo korekciju u polje L2 (os Z) pritiskom na tipku «Calculacion» (Include) i «OK» čime računalo proračuna vrijednost korekcije (npr. 120 – 135,13 = -15,13)
12. pomaknemo vrh alata na vanjski promjer izratka; ubacimo papir, reduciramo posmak.
13. za alate za tokarenje postavimo kursor na Geometry L1.
14. u okviru «Reference dimensions» postavimo os na X.
15. unesimo promjer izratka kao referentnu vrijednost (Reference value = 40).
16. prenesemo vrijednost korekcije u polje X (L1) pritiskom na tipku «Calculation» i «OK».
17. unesimo u okvir za dijalog Tool offset preostale podatke (radijus, kut čišćenja, poziciju vrha oštrice…)
18. zarotiramo slijedeći alat u poziciju mjerenja, izaberemo T i D broj i ponovimo mjerenje od koraka 5, i tako za sve alate.

3.17.2.2. Redoslijed rada mjerenja alata sa optičkim uređajem

Ovo je češći i precizniji način mjerenja pomoću posebnog optičkog uređaja. On je različit za različite strojeve. Ovdje je izbjegnut dodir alata sa izratkom a sam alat se vidi u uvećanom mjerilu (zrcalna slika alata). Za mjerenje se koristi poseban etalon (reference tool) čiji se vrh dovodi u središte koordinatnog sustava. U principu ovo je isti način mjerenja kao i metoda dodira.





Poz. Ref. Alata npr. X′=5,324 mm Z′=214,848mm

1. namjestimo optički uređaj u radni prostor stroja tako da možemo izmjeriti mjerne točke vrha etalona i mjernih alata (vrh optičke cijevi je udaljen od vrha etalona cca 80 mm).
2. učvrstimo etalon u poziciju 1 revolverske glave (dužina etalona za TURN 55 iznosi 30 mm, a za TURN 105 iznosi 22 mm)
3. zarotiramo revolversku glavu sa etalonom u položaj za mjerenje.
4. namjestimo vrh etalona u ishodište koordinatnog sustava optike (reduciramo posmak pomoću preklopnika za posmak upravljačke jedinice). Koordinate vrha etalona su X′,Z′ (vidi sliku). Objekti u optici su zrcalne slike u osima X i Z.
5. u menu-u «Parameter» - «Tooloffset» - «Determine compensa» unijeti u X i Z referentne vrijednosti aktualne pozicije vrha etalona (Z vrijednost = dužina etalona).
6. zarotiramo revolversku glavu i namjestimo vrh prvog mjerenog alata (npr.T2) u ishodište koordinatnog sustava optike (JOG, umetnuti papir ispod alata, reducirati posmak).
7. pozovemo registar alata «Tooloffset» (npr.T2 D1) i pozicioniramo kursor na os X,Z. U prozoru «Determine compensa» izaberemo osi X,Z i pritisnemo «Include».
8. učvrstimo slijedeći alat u revolversku glavu i ponovimo mjerenja kao kod prethodnog alata.

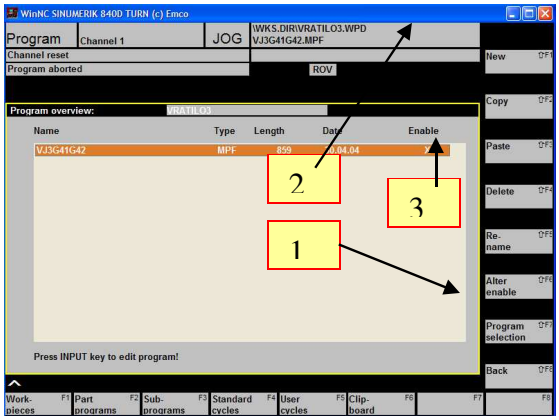
3.18. Puštanje stroja u rad

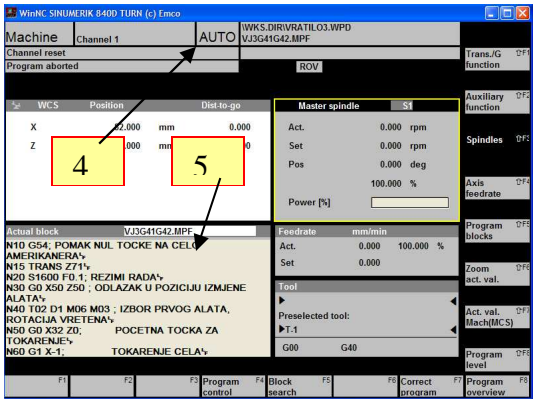
To je zadnja faza u programiranju. Nakon izrade samog programa , simulacije, popravljanja eventualnih grešaka u samom programu i podešavanja alata u revolversku glavu sa unošenjem u računalo stroja potrebnih korekcija alata, pristupa se izradi predmeta na samom stroju.
Postoje određeni **preduvjeti** da bi se moglo raditi na stroju:

- **Nul točka izratka W –** mora se izmjeriti i unijeti u računalo (Parameter/Workoffset/ G54-G57)
- **Alati –** korišteni alati iz programa moraju se izmjeriti i unijeti u registar alata (Tooloffset). Alati moraju biti u odgovarajućim položaju u revolverskoj glavi prema tehnologiji.
- **Referentna točka R –** mora se doći u referentnu točku po svim osima kako bi se uspostavio sustav mjerenja.
- **Stroj –** mora biti spreman za operaciju, izradak sigurno stegnut u amerikaner, svi pokretni dijelovi (npr. ključevi za stezanje i sl.) uklonjeni iz radnog prostora kako bi se izbjegao mogući sudar, vrata stroja zatvorena.
- **Alarm –** nijedan signal alarma ne smije biti aktivan

1. Izbor programa za rad na stroju

Horizontalnom funkcijskim tipkom **Program** ulazimo u radno područje rada sa programima. Izaberemo željeni program koji želimo izraditi na stroju **Workpeaces/Part programs/Subprograms**… označimo željeni program i otvorimo ga (**PROGRAM OVERVIEW**), te pritisnemo vertikalnu tipku **PROGRAM SELECTION(1)**. Ime programa pojavit će se u desnom gornjem prozoru **(2)**. Da bi se mogao izabrati program mora to biti omogućeno funkcijskom tipkom **ALTER ENABLE** i znakom **X** uz program **(3)**.
Prelaskom u radno područje stroja **MACHINE** i u **AUTO** mod **(4)** pojavit će se izabrani program u donjem lijevom prozoru ekrana **(5)**. Vidi donje slike!





Pokretanje, zaustavljanje programa

- izabrati program za rad na stroju
- uključiti u radnom području **Machine** automatski mod (**Automatic mode**)
- pritisnuti tipku **Start** na upravljačkoj jedinici
- zaustaviti program sa tipkom **Stop**, nastaviti sa **Start**
- prekinuti program sa **Reset**

Moguće poruke kod pokretanja programa

- Emergency stop active – pritisnuta crvena sigurnosna sklopka
- **Alarm active with stop –** alarm zaustavlja izvođenje programa
- **M0/M01 active** – programirano zaustavljanje izvođenja programa, ponovno pokretanje sa Start
- **Block ended in SBL mode** – završena izrada bloka u pojedinačnom blok modu , ponovno pokretanje sa Start
- NC stop active – program se zaustavlja sa tipkom Stop a ponovno pokreće sa Start
- **Read in enable missing** – aktualni blok se još ne izvršava zbog promjene alata i sl.
- Feedrate enable missing – aktualni blok se ne izvršava jer nije još postignuta programirana brzina i sl.
- Dwel time active – izvršenje programa je zaustavljeno zbog programiranog vremena čekanja
- Feedrate override to 0% - preklopnik za posmak je na 0%
- Nc block incorect – programska greška
- Block search active – svi blokovi će se prvo simulitati a tek od označenog bloka počet će strojna izrada (Block search – istraživanje bloka – omogućava pokretanje programa unaprijed do potrebnog bloka i strojni nastavak)

Kontrola programa

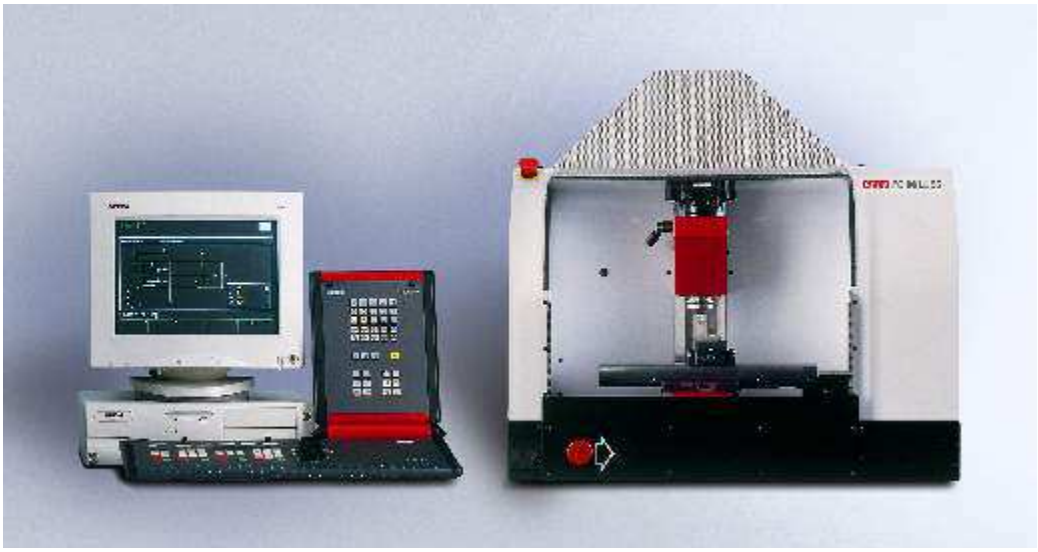
- pritisnuti tipku **PROGRAM CONTROL**
- izabrati željenu funkciju sa tipkama kursora gore-dolje na adresno numeričkoj upravljačkoj jedinici
- aktivirati (deaktivirati) izabranu funkciju sa tipkom
- **SKIP** – Skip block – kada je uključena ova funkcija svi blokovi koji su označeni neće se izvršiti kod izrade programa

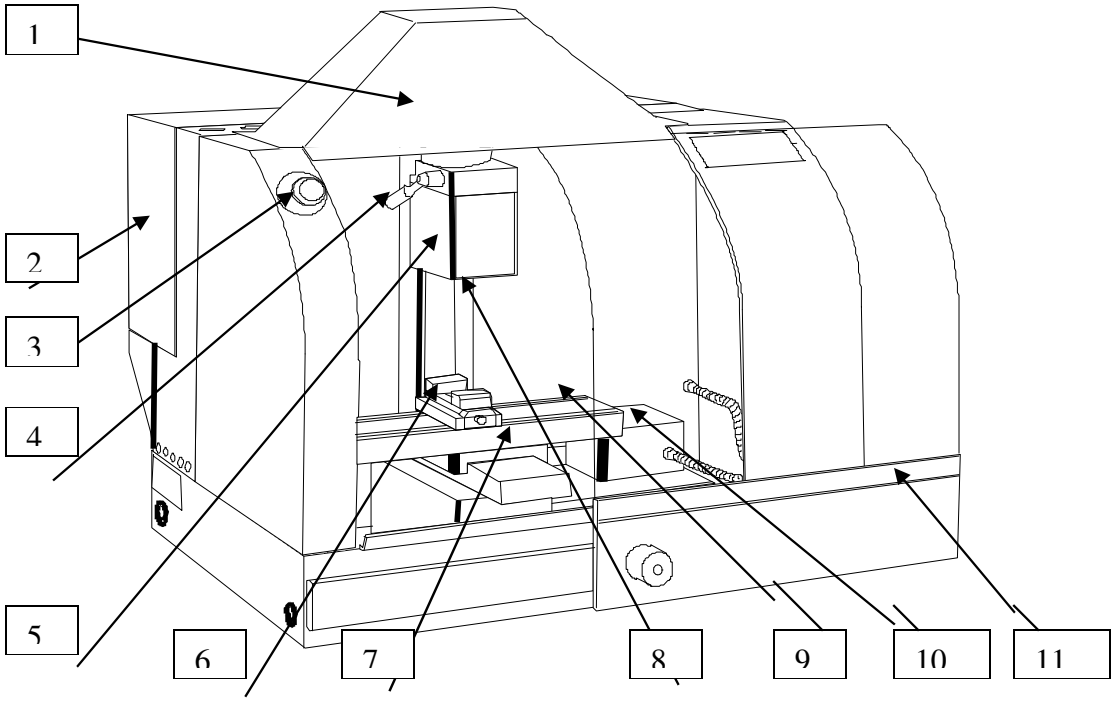
- **DRAY –** Dray run feedrate – programska funkcija za testiranje programa bez stegnutog izratka. Svi blokovi sa programiranim posmakom (G1,G2,G3,G33…) izvršit će se sa postavljenim posmakom u **Dray run –**u. Vreteno se ne okreće.
- **ROV –** brzi hod se preskače (override)
- **SBL1 (SBL2)** – zaustavljanje izrade nakon svakog pojedinačnog bloka, nastavak izrade sa Start
- **M01 –** programirano zaustavljanje sa aktivnom funkcijom M01, nastavljanje sa Start.
- **DRF –** dodatni inkrementalni pomak nul točke pomoću elektroničnog ručnog kotača
- **PRT** – programirano testiranje bez pomaka osi

4. PROGRAMIRANJE CNC GLODALICE

Programiranje ćemo uvježbavati na školskoj CNC glodalici EMCO PC MILL 55. To je najmanja glodalica koja nije predviđena za proizvodnju , već isključivo služi za vježbanje. Zato se i ovdje, kao i kod CNC tokarilice, ne radi sa čeličnim materijalima, već je materijal izratka aluminij, čime se čuvaju alati od trošenja. Režimi rada za Al , kao i za ostale materijale, mogu se pronaći u dodatku ovog udžbenika.

4.1. Karakteristike školske CNC glodalice EMCO PC MILL 55





1 – zaštitni poklopac EM
2 – električni dio stroja
3 – glavna sigurnosna sklopka
4 – ručica za učvršćenje alata
5 – vretenište stroja za prihvat alata
6 – škripac za učvršćenje izratka
7 – klizač po osi Y
8 – klizač po osi Z
9 – radni stol (os X)
10 – koračni istosmjerni motor po X osi
11 – zaštitna vrata protiv strugotine

Tehnički podaci stroja EMCO Mill 55

Radni prostor		
Uzdužni pomak (X-os)	mm	190

Poprečni pomak (Y-os)	mm	125
Vertikalni pomak (Z-os)	mm	190
Efektivni pomak po visini (Z-os)	mm	120
Udaljenost čela vretena po visini (vertikalno glodanje)	mm	30-220
Udaljenost čela vretena (horizontalno glodanje)	mm	82-272
Radni stol glodalice		
Površina radnog stola (Lx D)	mm	420x125
Maksimalno opterećenje radnog stola	kg	10
Širina 2 T- utora	mm	11
Razmak T-utora	mm	90
Glavno vreteno		
Promjer ležaja vretena	mm	Φ35
Vrsta ležaja		Kuglični valjni
Učvršćenje alata		ručno
Raspon čeljusti strojnog škripca	mm	60
Pogon glavnog vretena		
A. C. Motor (asinhroni)		
Snaga motora	W	500/700
Nominalna brzina motora	o/min	1400
Raspon brzine	o/min	100-3500
Maksimalni okretni moment	Nm	8
Maksimalni promjer bušenja u Al -u	mm	Φ10
Maksimalni promjer navoja u Al -u	mm	M6x15
Posmični motori		
Koračna rezolucija	μm	0,5
Radni posmak u X/Y/Z osi	mm/min	0-2000
Brzi hod	mm/min	2000
Maksimalna posmična sila u X/Y/Z	N	800/800/1000
Dimenzije stroja , težina		
ukupna dužina x ukupna širina x ukupna visina	mm	840x865x816
ukupna težina stroja	kg	160
Buka na stroju	dB	70

Preporučeni režimi rada za Aluminij, te sintetičke materijale (plastika) nalaze se u tablicama u Prilogu na kraju knjige.

4.2. 1. Popis glavnih funkcija – G funkcije

Naziv funkcije	**Opis funkcije – značenje funkcije**
G0	Brzi hod
G1	Radni hod
G2	Kružno gibanje u smislu kazaljke na satu
G3	Kružno gibanje suprotno kazaljci na satu
G4	Vrijeme zastoja
G9	Zaustavljanje vretena – ne modalno
G17	Izbor radne površine - XY
G18	Izbor radne površine - XZ

G19	Izbor radne površine - YZ
G25	Minimalno programirani radni prostor/broj okretaja radnog vretena
G26	Maksimalno programirani radni prostor/ broj okretaja rad. vretena
G33	Narezivanje navoja sa konstantnim korakom
G331	Urezivanje navoja
G332	Urezivanje navoja – povratno gibanje
G40	Isključenje kompenzacije radijusa alata
G41	Lijeva kompenzacija radijusa alata
G42	Desna kompenzacija radijusa alata
G53	Isključenje pomaka nul točke
G54-G57	Postavljanje – pomak nul točke
G60	Zaustavljanje vretena - modalno
G63	Urezivanje navoja bez sinkronizacije
G64	Mod izrade konture
G70	Mjerni sustav u inčima
G71	Mjerni sustav u milimetrima
G90	Apsolutni mjerni sustav
G91	Inkrementalni mjerni sustav
G94	Posmak u mm/min (inch/min)
G95	Posmak u mm/o (inch/o)
G96	Konstantna brzina rezanja uključena
G97	Konstantna brzina rezanja isključena
G110	Polarna koordinata - pol postavljen u zadnjoj točki u koju je stigao alat
G111	Polarna koordinata – pol postavljen u točku W ?
G112	Polarna koordinata – pol postavljen relativno u odnosu na zadnji pol
G147	Prilaz alata prema predmetu pravocrtno
G148	Odmicanje alata od predmeta pravocrtno
G247	Prilaz alata prema predmetu sa radijusom od četvrtine kružnice
G248	Odmicanje alata od predmeta sa radijusom od četvrtine kružnice
G347	Prilaz alata predmetu sa radijusom od pola kružnice
G348	Odmicanje alata od predmeta sa radijusom od pola kružnice
G450/G451	Prilaženje i odmicanje alata oko konturne točke

4.2.2. Pomoćne funkcije – M funkcije

Naziv funkcije	**Opis funkcije – značenje funkcije**
M0	Programirano zaustavljanje/stop
M1	Optimalni stop
M2	Kraj programa
M3	Rotacija vretena udesno (u smislu kazaljke na satu)
M4	Rotacija vretena u lijevo (u smislu suprotno kazaljci na satu)
M5	Zaustavljanje vretena
M6	Izmjena alata
M8	Uključenje rashladnog sredstva
M9	Isključenje rashladnog sredstva

M10	Uključenje diobene glave
M11	Isključenje diobene glave
M17	Kraj potprograma
M25	Otvaranje čeljusti škripca
M26	Zatvaranje čeljusti škripca
M27	Zakretanje diobene glave
M30	Kraj programa
M70	Pozicioniranje glavnog vretena
M71	Automatsko zatvaranje vrata
M72	Automatsko otvaranje vrata

4.2.3. Ciklusi

CIKLUS	ZNAČENJE CIKLUSA
Cycle 71	Face milling – Čeono glodanje
Cycle 72	Contour milling – Konturno glodanje
Cycle 81	Drilling ,Centering – Obično bušenje
Cycle 82	Drillling, Counterboring – Bušenje sa zastojem
Cycle 83	Deep hole drilling – Duboko bušenje
Cycle 84	Rigid tapping – Urezivanje navoja
Cycle 840	Urezivanje sa kompenzacijom stezne glave
Cycle 85	Borring 1 – bušenje bušačkom motkom
Cycle 86	Borring 2
Cycle 87	Borring 3
Cycle 88	Borring 4
Cycle 89	Borring 5
Cycle 90	Thread cutting – narezivanje navoja
HOLES 1	Row of hole with MCALL – bušenje u redu sa MCALL
HOLES 2	Circle of holes with MCALL – bušenje provrta po kružnici
LONGHOLE	Longholes on a circle – duboki provrti na kružnici
POCKET 1	Rectangular pocket – pravokutni džep
POCKET 2	Circular pocket – kružni džep
POCKET 3	Rectangular pocket – pravokutni džep
POCKET 4	Circular pocket – kružni džep
SLOT 1	Slots on a circle – utori na kružnici
SLOT 2	Circular slots – utori na obodnici kružnice

4.3. Linearna gibanja G0 i G01

G0 ili G00 - linearno (pravocrtno) gibanje u brzom hodu.

Koristi se kada se nalazimo sa alatom izvan radnog predmeta u pozitivnoj osi Z i iznad tzv. sigurnosne ravnine. Time se sprečava sudar alata i izratka.
Može biti zadano u pravokutnom koordinatnom sustavu kao:
G0 X… - gibanje po pravcu
G0 X… Y… **-** gibanje u ravnini
G0 X… Y… Z… **-** gibanje u prostoru
ili
u polarnom sustavu:
G0 AP… RP…

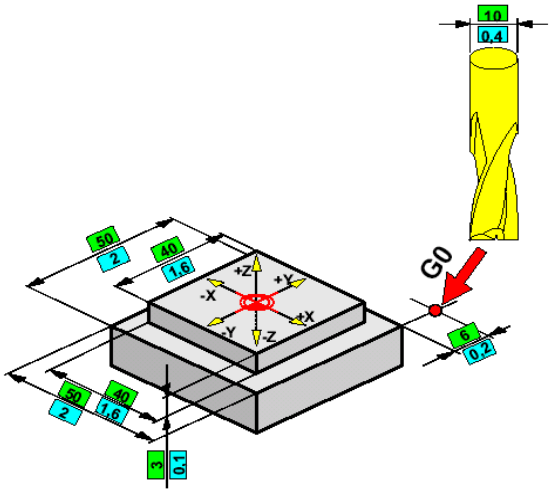
AP – ***A**ngle **P**olar* - polarni kut **RP** – ***R**adius **P**olar* - polarni radijus

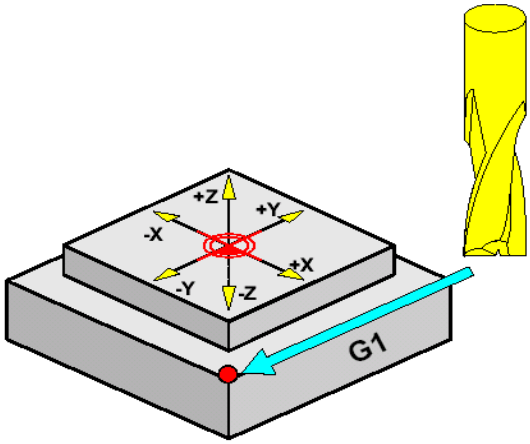
G1 ili G01 - linearno (pravocrtno) gibanje u radom hodu

Koristi se kada vršimo obradu, tj. ulazimo alatom u materijal. Alata se giba linearno (pravocrtno) sa radnim posmakom koji je desetak puta manji od posmaka u brzom hodu.
Može biti zadano u pravokutnom koordinatnom sustavu kao:
G1 X… - gibanje po pravcu
G1 X… Y… **-** gibanje u ravnini
G1 X… Y… Z… **-** gibanje u prostoru
ili
u polarnom sustavu kao.
G1 AP… RP…

AP – ***A**ngle **P**olar* - polarni kut **RP** – ***R**adius **P**olar* – polarni radijus

Kod naredbe G1 u istom bloku može se ako je potrebno upisati i **F** - posmak



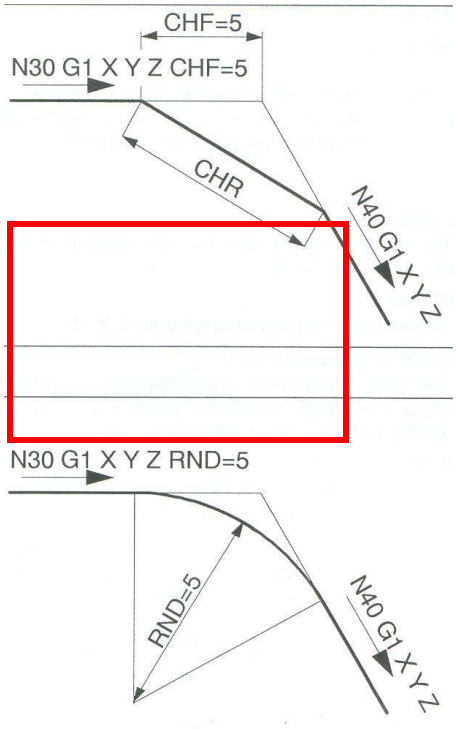


N1234 G0 X25 Y31 Z-3 LF mm

N1234 G0 X1 Y1.2 Z-0.1 LF inch

N1234 G1 X25 Y-25 LF mm

N1234 G1 X1 Y-1 LF inch



Kod naredbe za pravocrtno gibanje **G0** ili **G1** moguće je umetnuti **zakošenje** ili **zaobljenje**.

Naredbe:

G1 X… Y… CHF…
G1 X… Y… CHR…
G1 X… Y… RND…

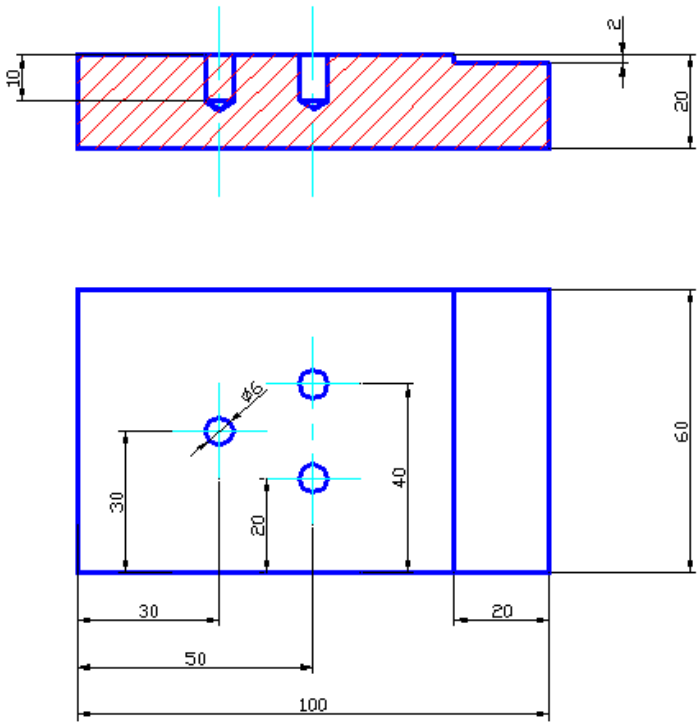
Zakošenje će biti umetnuto nakon bloka u kojem je napisano. Uvijek se nalazi u G17 ravnini. Umetnuti će se simetrično u konturi ugla.

Zaobljenje će se biti umetnuto nakon bloka u kojem je napisano. Uvijek se nalazi u G17 ravnini. Umetnuti će se u konturi ugla sa tangencijalnim spojem.
Zaobljenje će se umetati kod svih slijedećih kontura dok se ne poništi naredbom **RNDM=0**

4.3.1. vježba 1. Linearna gibanja G0 i G1

Zadatak:

Načiniti plan rezanja za čeono glodanje ploče dimenzije 100x60x20 mm i bušenje 3 provrta prema tehničkom crtežu. Napisati program izrade i simulirati program. Predvidjeti pravilne režime rada za Al u ovisnosti o debljini rezanja i promjeru alata.
U ovom primjeru ćemo detaljnije objasniti sam postupak izrade tehničke dokumentacije i pisanja programa.



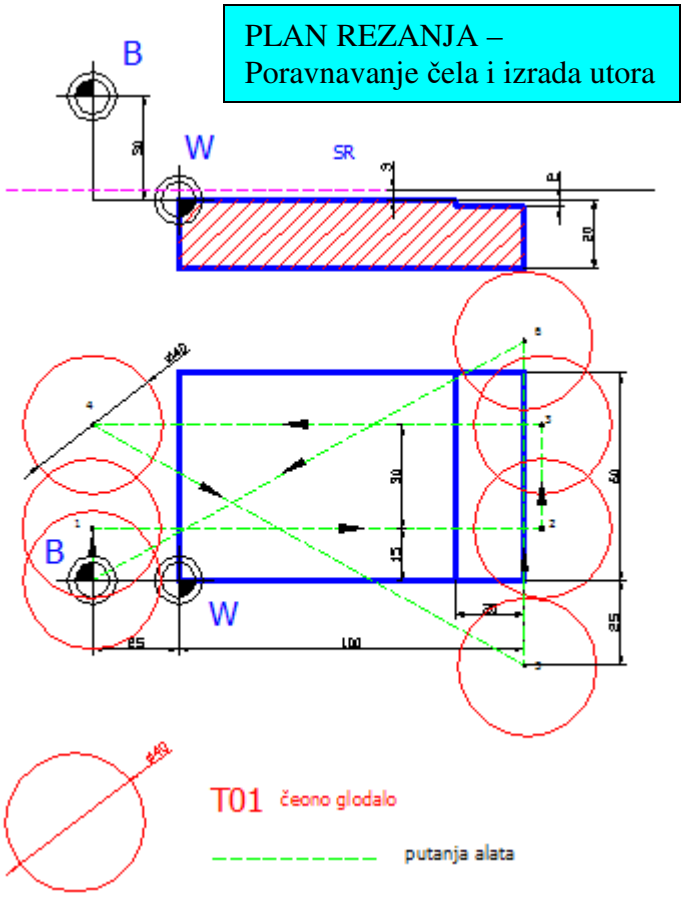
Rješenje:

Iz analize tehničkog crteža zaključujemo da će nam biti potrebno 2 alata.
Prvim alatom T01- čeonim glodalom ϕ40, poravnat ćemo čelo i izraditi utor 20x2x60, a drugim alatom T02 – spiralnim svrdlom ϕ6 izbušit ćemo 3 provrta.
Prvi korak je izrada tehničke dokumentacije od koje je najvažnija **operacijski list** i **plan rezanja.** U operacijskom listu, kako smo naučili, opisuju se operacije, tj. redoslijed zahvata na izratku od početka do kraja obrade. Također se izabiru potrebni alati za obradu pojedine operacije kao i režimi rada. Plan rezanja nam grafički prikazuje putanje alta pri obradi pojedine operacije. Sve karakteristične točke promjene putanje alata moraju se iskotirati.

Red. broj	Opis zahvata-operacije	Alat	Posmak mm/min F	Broj okretaja o/min S
10.	Stezanje izratka u strojni škripac	škripac		
20.	Čeono glodanje	Čeono glodalo T01	70	350
30.	Glodanje utora 20x2 x60	T01	30	350
40.	Bušenje 3xϕ6	Spiralno svrdlo ϕ6 T02	400	2400

Režimi rada uzeti su za Al iz tablica u prilogu (provjeriti izbor režima za S i F).

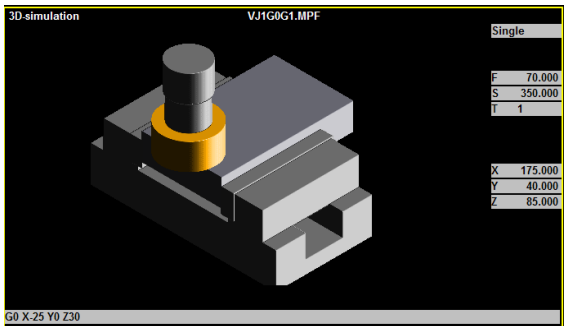
Nakon što smo izradili operacijski list pristupamo razradi plana rezanja. Neka naš plan rezanja izgleda kao na slici 4.4.2. U planu se osim putanje promjene alata u karakterističnim točkama ucrtavaju i nul točka izratka W (polažaj točke W određujemo sami na osnovu zadanih kota i izgleda izratka) kao i točka promjene alata B. Nul točka promjene alata može se i ispustiti ali je poželjno da se i ona definira. U planu se također određuje sigurnosna ravnina SR koja određuje vrstu gibanja (G0 ili G01). Za jednostavne operacije gdje su vidljive promjene alata (npr. bušenje) nije potrebno crtati plan rezanja jer se to vidi na tehničkom crtežu.

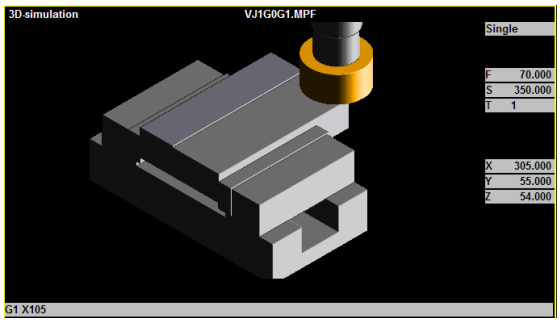


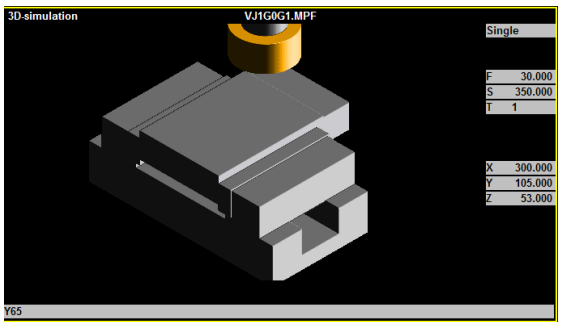
Ispis programa u simulaciji

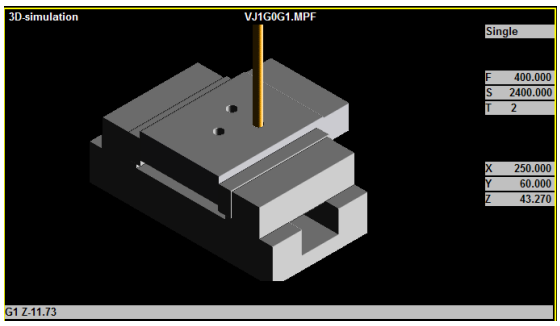
```
Program editor:
10 G54
N20 TRANS X0 Y-60 Z5
N30 G0 X-25 Y0 Z30
N40 M06 T1 D1 M3
N50 S350 F70
N60 G0 Y15
N70 Z-1
N80 G1 X105
N90 Y45
N100 X-25
N110 Z3
N120 G0 X100 Y-25
N130 G1 Z-2 F30
N140 Y65
N150 Z3
N160 G0 X-25 Y0 Z30
N170 M05
N180 M06 T2 D1 M3
N190 S2400 F400
N200 G0 X30 Y30
N210 Z3
N220 G1 Z-11.73
N230 G0 Z3
N240 X50 Y40
N250 G1 Z-11.73
N260 G0 Z3
N270 X50 Y20
N280 G1 Z-11.73
N290 G0 Z3
N300 X-25 Y0 Z30
N310 M30
```

Zadatak 1.
Na temelju ispisa analizirati pojedine blokove što znače i upisati detaljno u obrascu Ispis Programa pod napomenom značenje pojedinih blokova.



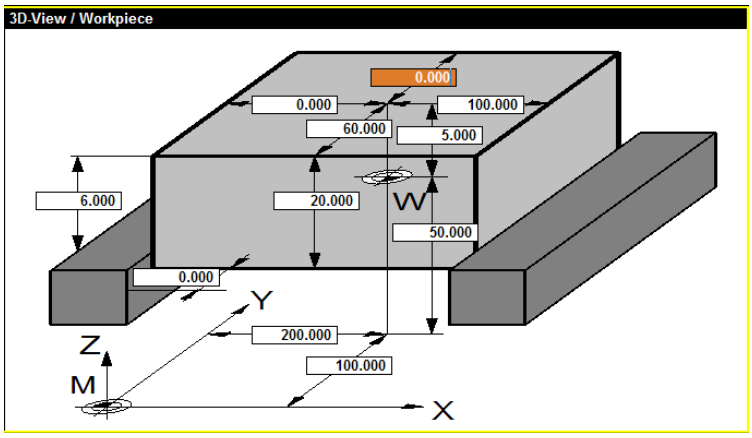






Zadatak 2.

Analizirati sliku 3D View /Workpiece i dimenzije izratka i odgovoriti gdje se nalazi točka W?
Što znači funkcija TRANS?



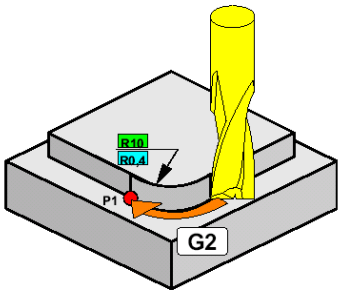
Vježba 1. Linearna gibanja - Ispis programa

Red. br.	Funkcije programa	Napomena
10	G54	Pomak nul točke na čelo nepomične čeljusti škripca

4.4. Kružna gibanja G2 / G3

G2 kružno gibanje u radnom hodu u smjeru kazaljke na satu
G3 kružno gibanje u radnom hodu obrnutom od smjera kazaljke na satu
Postoji nekoliko načina kružnog programiranja.

1. Programiranje s početnom točkom (A), krajnjom točkom (B) i radijusom kružnice (R)



G2 ili **G02 / G3** ili **G03** kružno gibanje u radnom hodu
Može biti zadano u pravokutnom koordinatnom sustavu kao:
G2 (ili **G3**) **X… Y… Z… CR=±…**
X, Y, Z – krajnja točka (**B**)
CR – radijus kružnice
CR=+ za kutove do 180°, CR=- za kutove preko 180°.

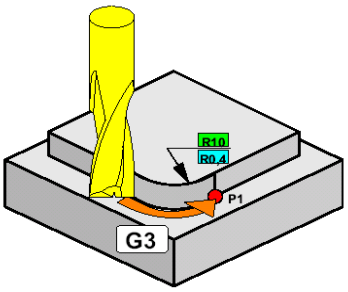
Puni krug ne može se programirati sa CR.

N1234 G2 X... Y... CR=10 LF mm

N1234 G2 X... Y... CR=0.4 LF inch

ili
u polarnom sustavu:
G2 (ili **G3**) **AP… RP…**
AP – ***A**ngle **P**olar* – krajnja točka polarnog kuta (**B**)
RP – ***R**adius **P**olar* - polarni radijus je i radijus kružnice

Početna točka (**A**) je mjesto gdje se alat nalazi u trenutku poziva funkcije **G2/G3**.



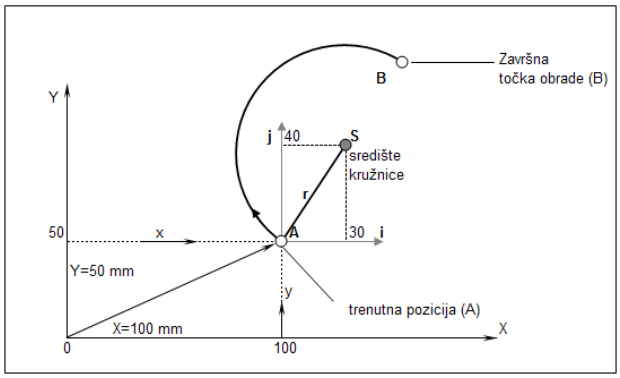
N1234 G3 X... Y... CR=10 LF mm

N1234 G3 X... Y... CR=0,4 LF inch

2. Programiranje s **početnom točkom** (A), **krajnjom točkom** (B) i **točkom središta kružnice** (S):

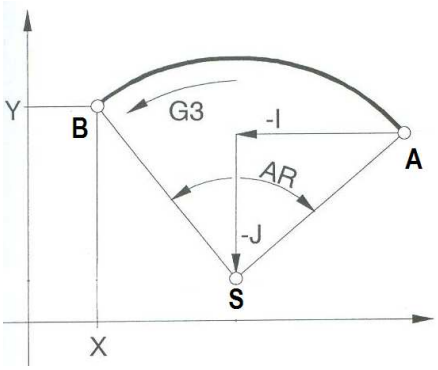
G02 ili **G02 / G3** ili **G03** kružno gibanje u radnom hodu
Može biti zadano u pravokutnom koordinatnom sustavu kao:
G2 X… Y… Z… I… J… K…
X, Y, Z – krajnja točka (**B**) slika 4.4.2. u apsolutnom sustavu od radne nul točke (**0**)

I, J, K – koordinate središta kružnice (S) u inkrementnom sustavu **I=AC(…), J=AC(…), K=AC(…)**

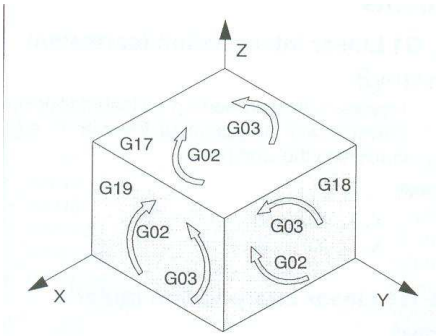


3. Programiranje s **početnom točkom** (A), **krajnjom točkom** (B), **točkom središta kružnice** (S) i **kutom kružnog luka** (AR):

G02 ili **G02 / G3** ili **G03** kružno gibanje u radnom hodu
Može biti zadano u pravokutnom koordinatnom sustavu kao:
G3 X… Y… Z… AR…
G3 I… J… K… AR…
X, Y, Z – krajnja točka (**B**)
I, J, K – koordinate središta kružnice u inkrementnom sustavu
AR – kut kružnog luka
Ne može se programirati puni krug.



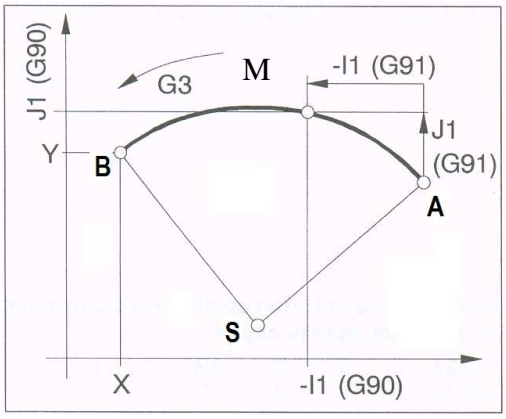
Na slici su prikazane naredbe **G2** i **G3** u različitim ravninama **G17** (XY), **G18** (XZ), i **G19** (YZ).



4. Programiranje s **početnom točkom** (A), **među-točkom** (M)**, krajnjom točkom** (B):

CIP kružno gibanje u radnom hodu (**CI**rcle through **P**oints) – kružnica kroz točke

Zadano je kao:
CIP X.. Y.. Z.. I1=.. J1=.. K1=..
X, Y, Z – krajnja točka (**B**)
I1, J1, K1 – koordinate među-točke kružnice

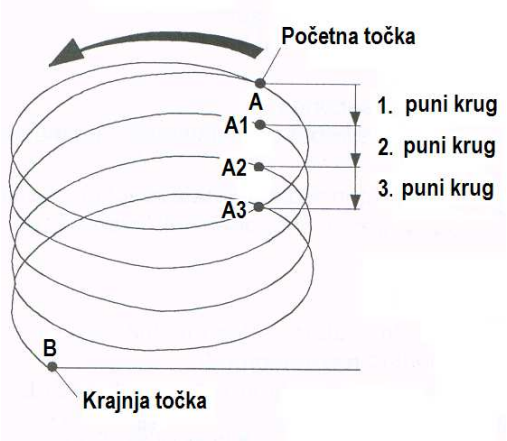


5. Spiralna interpolacija

Spiralna interpolacija kružno gibanje u radnom hodu – kružnica se spiralno spušta određeni broj koraka

Zadano je kao:
G2 X.. Y.. Z.. I.. J.. K.. TURN=
G3 X.. Y.. Z.. CR=.. TURN=
G2 AP.. RP.. TURN=
G2 X.. Y.. Z.. AR.. TURN=

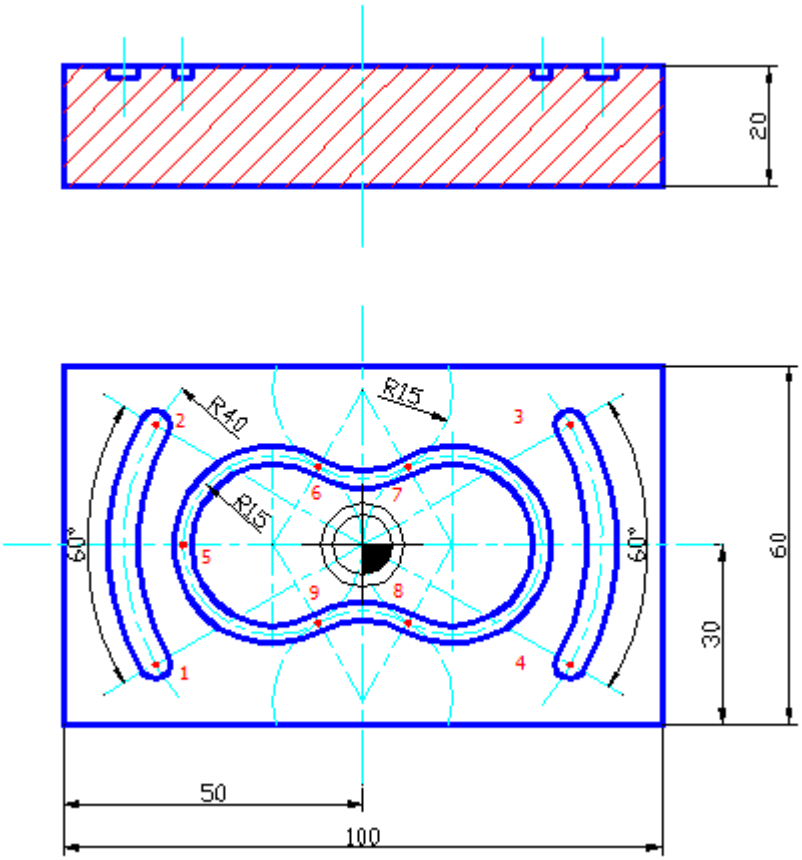
X, Y, Z – krajnja točka (**B**)
I, J, K – koordinate središta kružnice
CR, – radijus kružnice
AP, AR – polarni kut i radijus kružnice
TURN – broj ponavljanja od 0-999



4.4.1. vježba 2. Kružna gibanja G2/G3

Zadatak:

Za izradak prema slici i ponuđeni plan rezanja napisati Operacijski list i Program te izvršiti simulaciju. Potrebno je izračunati koordinate karakterističnih točaka iz geometrije izratka!



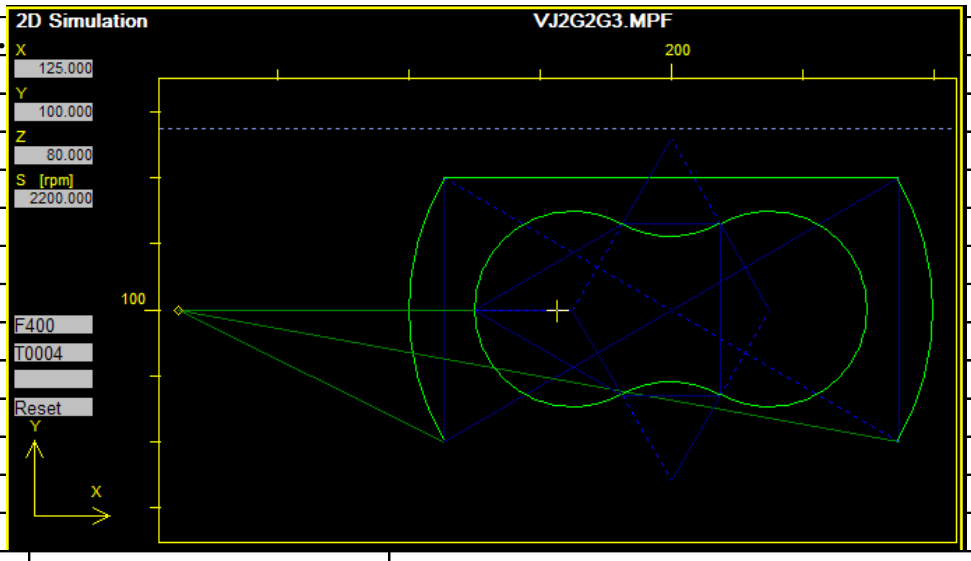
Rješenje:

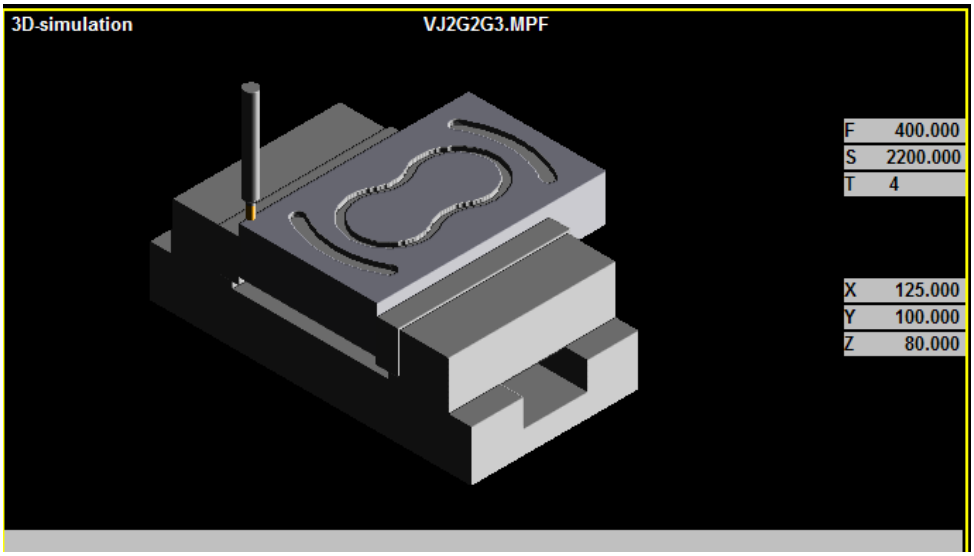
Operacijski list

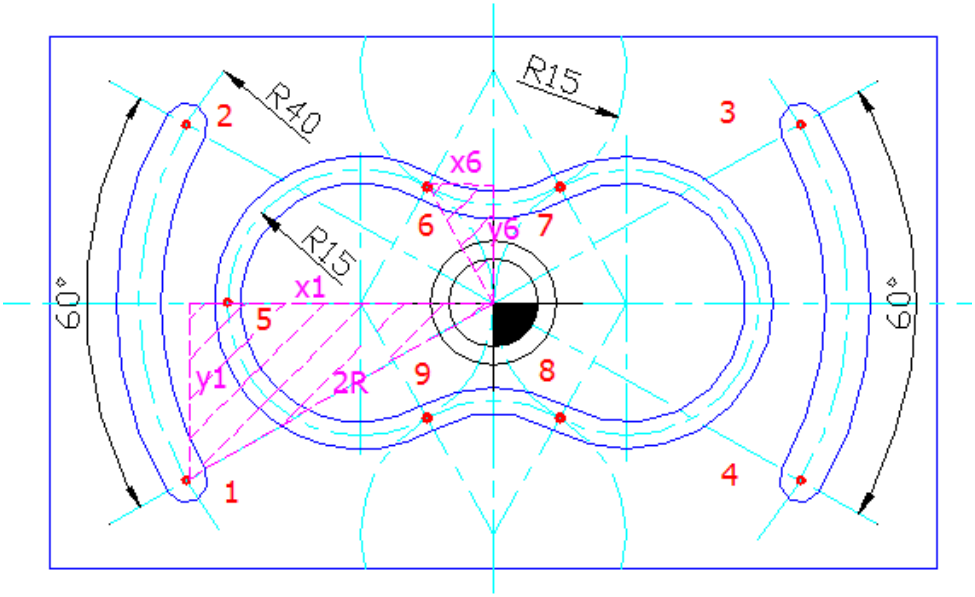
Red. broj	Opis zahvata-operacije	Alat	Posmak mm/min F	Broj okretaja o/min S
10.	Stezanje izratka u strojni škripac	škripac		
20.				
30.				

Vježba 2. Kružna gibanja - Ispis programa

Red. br.		
N10		
N20		
N30		
N40		
N50		
N60		
N70		
N80		
N90		
N100		
N110		
N120		
N130		
N140		
N150		
N160		
N170		
N180		
N190		
N200		
N210		
N220		
N230		
N240		
N250		
N260		
N270		
N280		
N300		
N310		
N320		







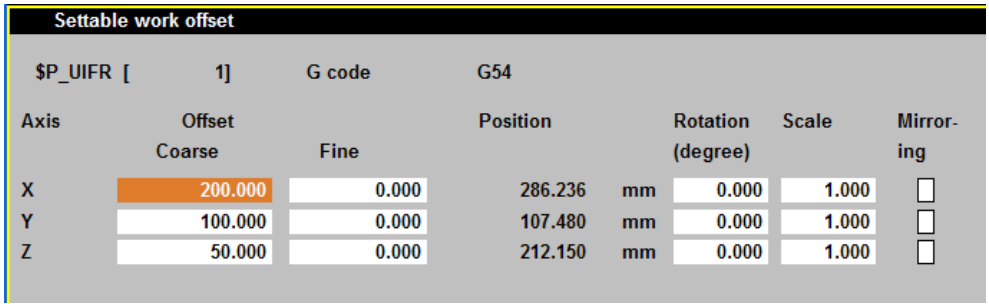
4.5. Simulacija izrade

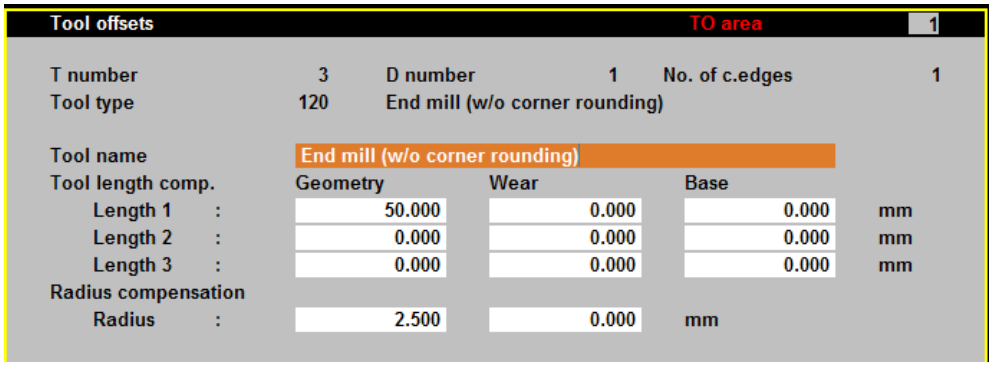
Slično kao i kod tokarenja simulacija se poziva iz operativnog područja rada PROGRAMS i otvaranjem jednog od programa iz Workpiece/Part programs/Subprograms… klikom na tipku Simulation (2D simulacija) ili 3D View (3D simulacija).
Simulaciju u 3D objasnit ćemo detaljnije na primjeru vježbe broj 2.

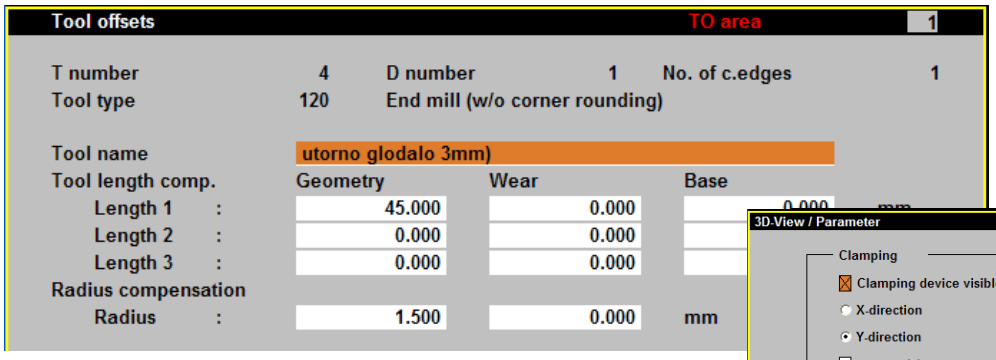
Otvorimo program Vj2G2G3 i kliknemo na **3D View**. Da bi simulaciju pokrenuli horizontalnom tipkom **Start** moramo prethodno u radnom području **Parameter** izabrati potrebnu nul točku – **Settable work offset** (G 54) i potrebne alate za naš izradak – **Settable tooloffset**.
Nakon toga popunjavamo tablice redom koristeći vertikalne funkcijske tipke:

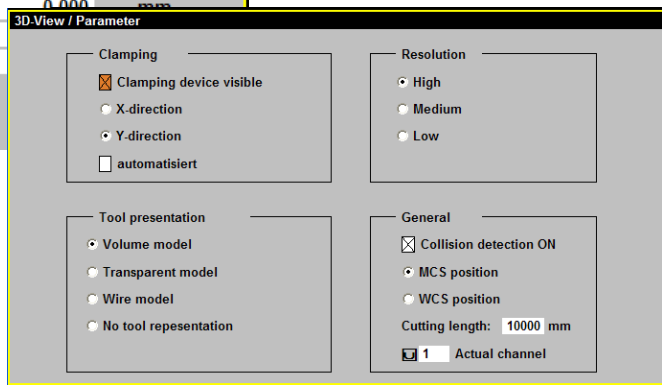
- View – način pogleda na izradak
- Parameter – način stezanja, prezentacija alata, rezolucija, prikaz sudara i brzine simulacije…
- Workpiece – potrebne kote koje definiraju veličinu izratka i položaj nul točke W u odnosu na strojnu točku M
- Tool – izbor alata za izradu izabranog programa (broj alata za simulaciju moramo uskladiti sa brojem alata iz programa).

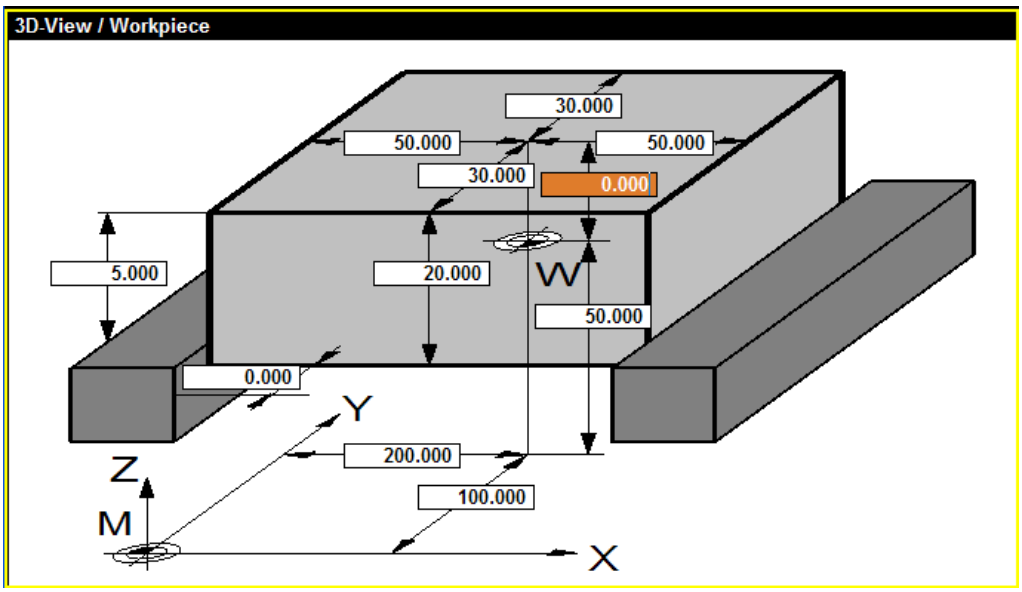
U našem primjeru slike popunjenih parametara simulacije su slijedeće:



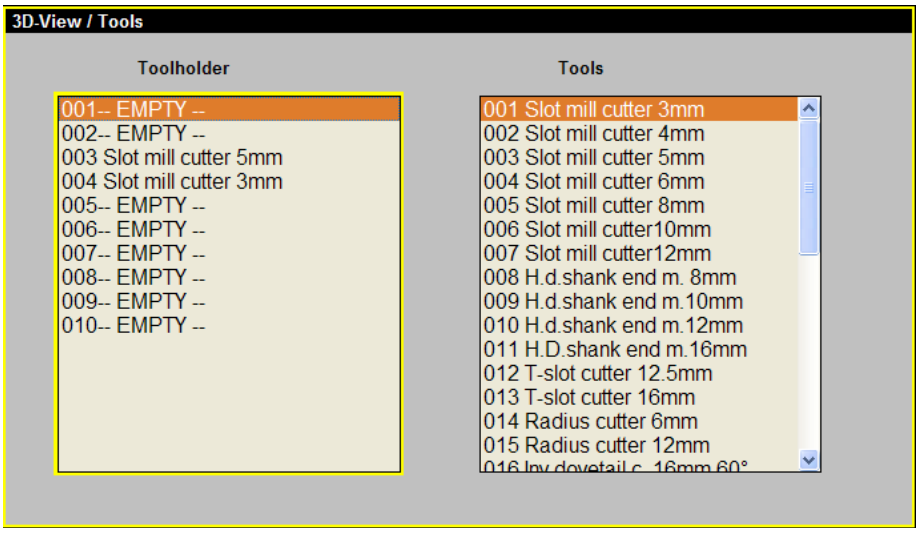








Uočimo da je u simulaciji u prikazu 3D View/Workpiece stezanje izratka nacrtano po osi X (čest slučaj kod većih glodalica) a na našoj glodalici stezanje izratka u čeljusti je po osi Y. Koordinate točke W moraju se uskladiti sa koordinatama iz baze podataka **Settable workoffset.**



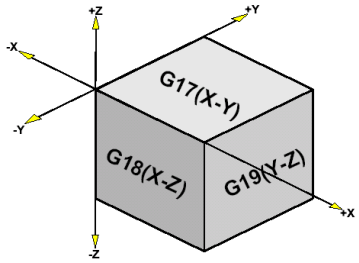
4.6. Kratki pregled nekih naredbi

4.6.1. Izbor radnih površina i sustava

Kod NC programiranja moguće je biranje radne površine u kojoj će se izvoditi obrada. Najčešća radna površina obrade kod glodanja je **G17** XY površina, dok je kod tokarenja **G18** XZ površina

Naredbe:

G17 – naredba za rad u XY ravnini



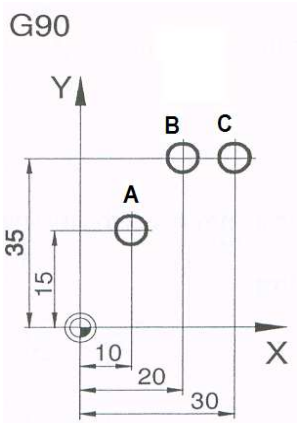
G18 – naredba za rad u XZ ravnini

G19 – naredba za rad u YZ ravnini

Osim radne površine moguće je biranje sustava u kojem se programira. To može biti **G90** – apsolutni koordinatni sustav ili **G91** - inkrementni (slijedni, lančani) sustav .

4.6.2. Apsolutni koordinatni sustav

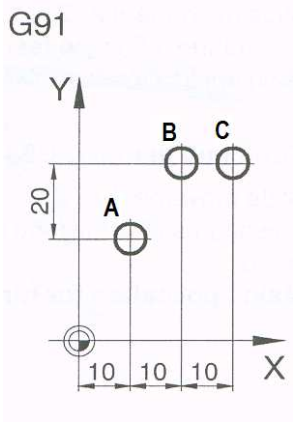
Sve mjere i udaljenosti ostalih točaka mjere se od **jedne početne točke** u prostoru. Početna točka - NUL točka - je mjerodavna i za putanju alata. Svi putovi alata su također mjereni od te točke. Ako na početku NC programa nije upisana naredba G90, program će to uzeti kao vodeću vrijednost bez obzira što nije napisana i raditi će u apsolutnom sustavu.



G90 – naredba za rad u apsolutnom sustavu
Udaljenosti točaka sa slike 4.6.2 su:

A (10,15) 10 mm po osi X, 15 mm po osi Y od NUL točke
B (20,35) 20 mm po osi X, 35 mm po osi Y od NUL točke
C (30,35) 30 mm po osi X, 36 mm po osi Y od NUL točke

Apsolutni sustav ima JEDNU nepromjenjivu referentnu NUL točku



4.6.3 . Inkrementni koordinatni sustav

Mjere i udaljenosti jedne točke mjere se od druge točke. Početna točka - NUL točka - je mjerodavna samo za prvu točku (slika 4.6.3). Zato se sustav zove inkrementni (prirast) ili slijedni ili lančani. Kako se alat giba od jedne točke prema drugoj tako točka do koje stigne postaje NUL točka slijedećeg gibanja. Kod rada u inkrementnom sustavu potrebno je napisati naredbu G91.
Moguće je prelaziti iz jednog sustava u drugi koliko god je puta potrebno.
G91 – naredba za rad u inkrementnom sustavu

Udaljenosti točaka sa slike 4.6.3 (koja je ista kao i slika 4.6.2) su:
A (10,15) 10 mm po osi X, 15 mm po osi Y od NUL točke
B (10,20) 10 mm po osi X, 20 mm po osi Y od točke A
C (10, 0) 10 mm po osi X, 0 mm po osi Y od točke B

Inkrementni sustav ima onoliko referentnih točaka koliko ima daljnjih naredbi pozicioniranja tj. svaka operacija ima za referentnu točku (početnu točku) zadnju poziciju prethodne operacije.

4.6.4. Odabir posmaka

Naredbama **G94** i **G95** moguće je mijenjati posmak.

G94 – naredba za posmak u mm/min – glavna primjena kod **glodanja**
G95 – naredba za posmak i mm/okretu – glavna primjena kod **tokarenja**

4.6.5. Programiranje granica radnog prostora i ograničenje brzine vrtnje vretena

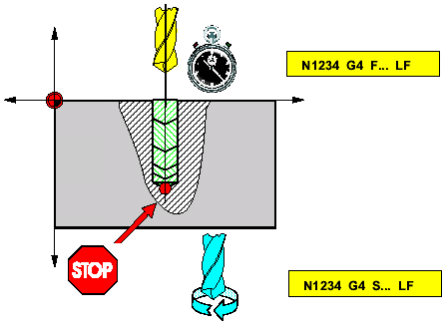
G25 X… Y… Z… - donja granica radnog prostora
G26 X… Y… Z… - gornja granica radnog prostora

Ove funkcije ograničavaju radni prostor u kojem je moguće kretanja alata. Funkcije se uključuju sistemskom varijablom WALIMON, odnosno isključuju sa varijablom WALIMOF. Ovime se oko radnog prostora uspostavlja sigurnosni prostor u koji alat ne može doći. Ove naredbe se programiraju u zasebnom bloku koji samo definira područja rada.

G25 S… - najmanji broj okretaja vretena
G26 S… - najveći dozvoljeni broj okretaja vretena

4.6.6. G4 - vrijeme čekanja

Naredba počinje kada se prethodna naredba u potpunosti izradi. Naredba G4 određuje vrijeme koje će alat biti zadržan u nekoj poziciji prije nego se nastavi gibati po planiranoj putanji alata. Grafički prikaz na slici 4.6.6.



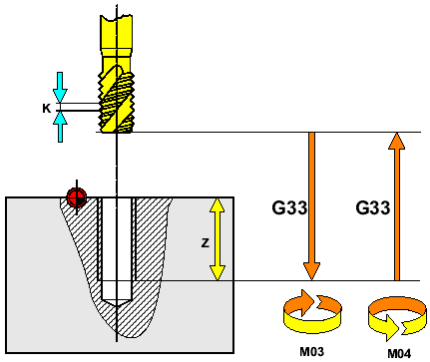
Primjer:

G04 F2.5 ; alat će se zadržati na zadanoj poziciji 2.5 sekundi

G04 S50 ; alat će se zadržati na zadanoj poziciji 50 okretaja vretena

4.6.7. G33 – narezivanje navoja

Narezivanje navoja obavlja se odgovarajućim alatom nakon prethodne obrade (npr. izrada rupe odgovarajućih dimenzija).
Korak **K** mora biti odabran takav da



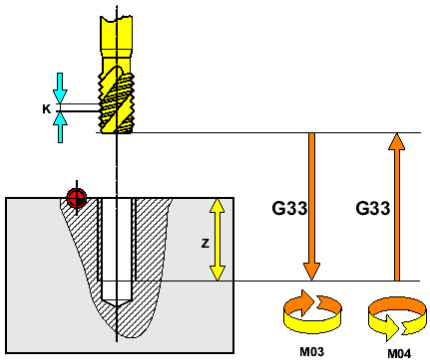
Grafički prikaz na slici 4.6.7.

Primjer:

G33 Z… K… (K – korak navoja, Z – dubina navoja)

4.6.8. G63 – urezivanje navoja sa kompenzacijom stezne glave

Narezivanje navoja obavlja se bez sinkronizacije.



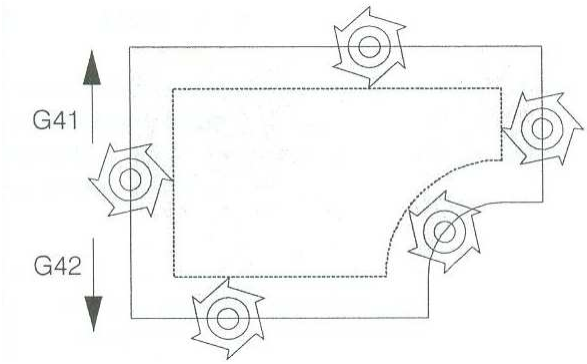
Programirani **S** – brzina okretanja vretena, **F** – posmak i **P** – korak navoja moraju se precizno definirati.
F(mm/min) **= S**(o/min) **x P**(mm/o)
Kada je na snazi naredba **G63** broj okretaja i posmak su blokirani i iznose 100%.
Ulazak u izradak s **G63** zahtjeva programiranje izlaza s **G63** ali obrnutog smjera.
Grafički prikaz na slici 4.6.8.

Primjer:

```
…..
S200 F300 M3 ;      za M5 korak P=0.8 mm – uz S=200 0/min
G1 X50 Y30 ;        kod urezivanja navoja mora biti F=PxS
G63 Z-20 F160 ;     F = 0.8 x 200 = 160
G63 Z5 M4 ;         promjena smjera kod izlaza
…
```

4.6.9. G40, G41, G42, G450, G451– kompenzacija radijusa alata (korekcija polumjerom alata)

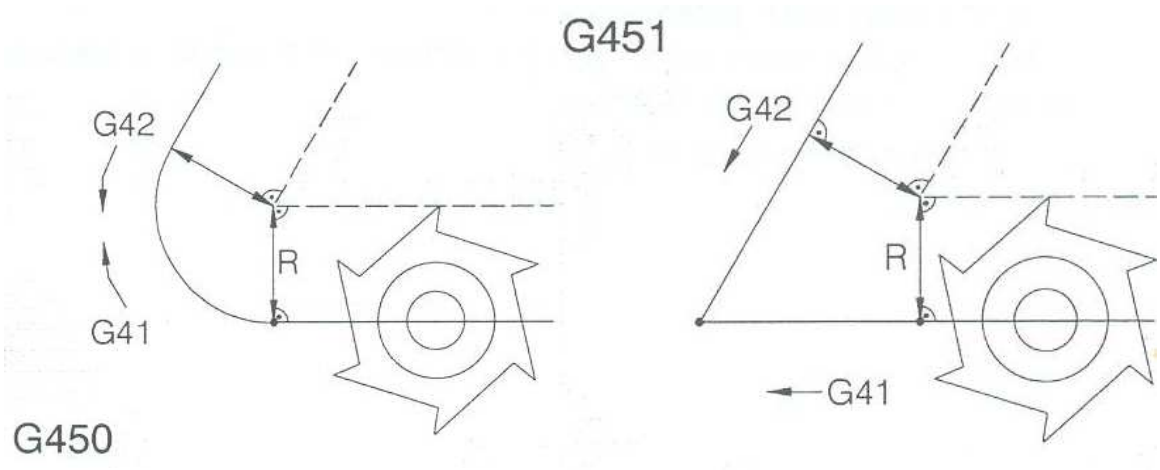
Putanja alata odvija se tako da se naredbama prati kontura izratka a os rotacije vrha alata proračunava upravljačka jedinica. Kompenzaciju radijusa alata obavljaju slijedeće naredbe:



G41 - lijeva kompenzacija alata
G42 - desna kompenzacija alata
G40 - bez kompenzacije alata

Ovim naredbama alat se odmiče u lijevu stranu (G41) ili desnu (G42) od smjera putanje dane NC naredbom, za veličinu radijusa iz baze podataka alata, u odnosu na konturu. U slijedećoj vježbi pokazati ćemo kako se to praktično radi.

Kod obrade kutova i vrhova koriste se naredbe



G450 – alat oko vrha putuje po luku radijusa polumjera alata
G451 – alat oko vrha slobodno putuje po putanji udaljenoj za polumjer alata

4.6.10. G110, G111, G112 – polarne koordinate

Kod rada u polarnim koordinatama pozicija se određuje pomoću kuta i radijusa u odnosu na pol (referentnu točku iz koje idu polarne koordinate).

Određivanje pola:

G110 – pol postavljen u zadnjoj točki naredbe u koju je stigao alat

G111 – pol postavljen u točku definiranu prema aktualnoj nul točki **W**

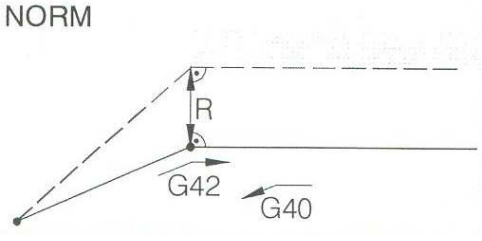
G112 – pol postavljen relativno u odnosu na zadnji valjani pol

Pol se može definirati pravokutnim ili polarnim koordinatama:
X, Y, Z – koordinate pola zadane u Kartezijevom sustavu
RP – polarni radijus
AP – polarni kut

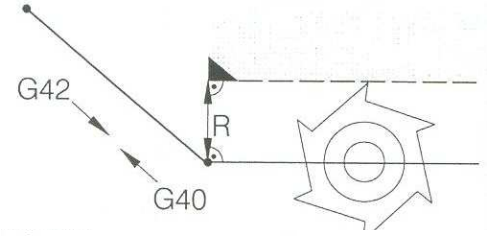
Primjer:
G111 X30 Y40
G1 RP50 AP60

4.6.11. NORM / KONT - prilaženje i odmicanje od konture

NORM : Alat prilazi ravno i stoji okomito na početnu poziciju



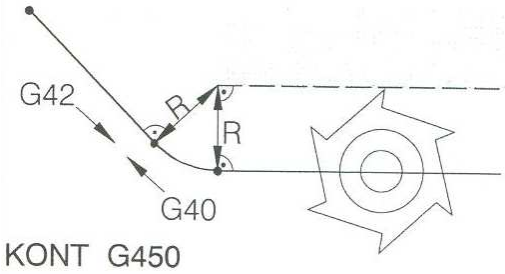
Ako početna i prva pozicija nisu na istoj strani konture pojaviti će se oštećenje kao na slici



KONT : Alat prilazi početnoj poziciji kružno kao da je programiran naredbom G451

Realna putanja alata sa korekcijom

Programirana putanja alata



KONT G450

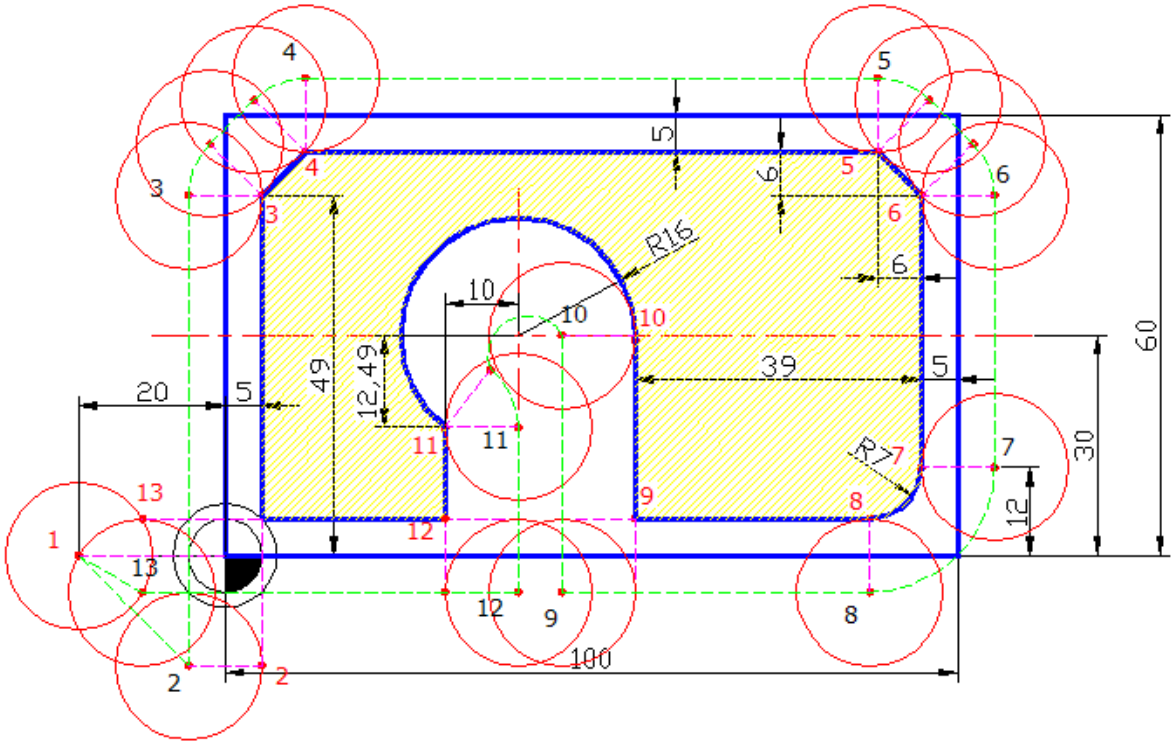
4.6.12. vježba 3. Korekcija polumjerom alata

Zadatak:

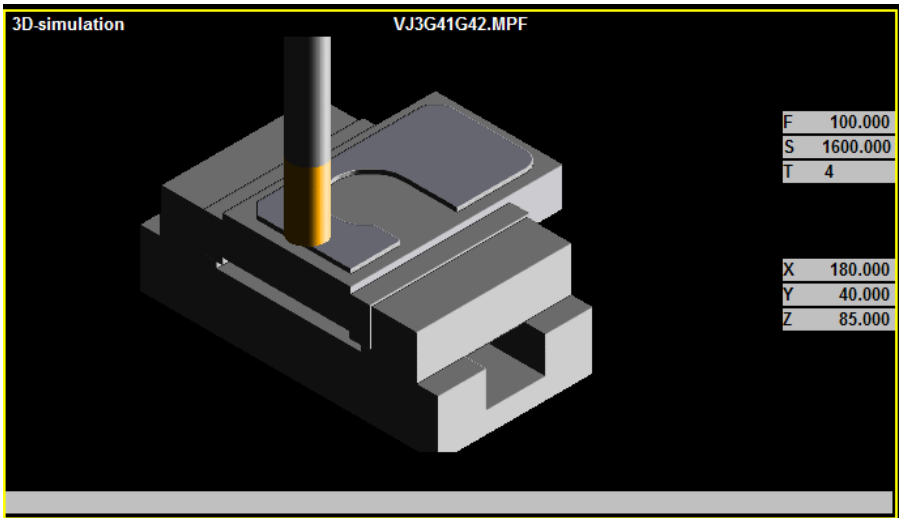
Prema crtežu plana rezanja , izraditi program za konturno glodanje ploče. Korišteni alat je promjera 20mm. U simulaciji za Mill 55 nema alata promjera 20 mm pa koristiti alat promjera 16mm.

Uputa:

Kao što smo naučili postoje dvije funkcije za korekciju alata radijusom G41 i G42. Ove funkcije nam omogućuju programiranje točaka na samoj konturi izratka, dok računalo samo proračunava središte osi alata na bazi zadanog radijusa alata. Mi dakle u programu pišemo koordinate konturnih točaka 1,2,3… a računalo vodi alat po točkama 1′,2′,3′…
Korištenjem ovih funkcija program se ne mijenja iako koristimo i alat drugog promjera .
Dubina rezanja neka bude 1mm.
Funkcije G41/G42 postavljaju se odmah na početku programa i vrijede skroz do njihovog isključenja funkicijom G40.



4
5
3
4
5
6
3
6
5
6
R16
10
10
10
6
60
49
12,49
39
5
20
5
11
11
R7
7
7
30
13
9
8
12
1
13
12
9
8
100
2
2



3D-simulation
VJ3G41G42.MPF
F 100.000
S 1600.000
T 4
X 180.000
Y 40.000
Z 85.000

Vježba 3. Korekcija polumjerom alata - Ispis programa

Red. br.	Funkcije programa	Napomena
N10		
N20		
N30		
N40		
N50		
N60		
N70		
N80		
N90		
N100		
N110		
N120		
N130		
N140		
N150		
N160		
N170		
N180		
N190		
N200		
N210		
N220		
N230		
N240		
N250		
N260		
N270		
N280		
N300		
N310		
N320		

4.7. NC Frames – oblici - okviri

Oblici mijenjaju aktualni koordinatni sistem:

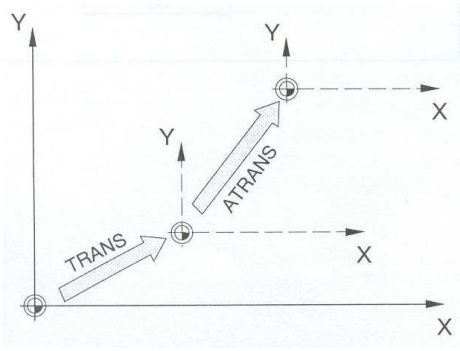
TRANS - ATRANS – promjena koordinatnog sistema
ROT - AROT – programirana rotacija
SCALE - ASCALE – programirano mjerilo
MIRROR - AMIRROR – programirano zrcaljenje

Oblici se programiraju u posebnim programskim rečenicama i tako se izvršavaju.

4.7.1. TRANS - ATRANS – promjena koordinatnog sistema

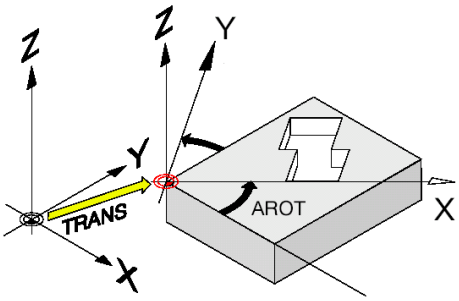
TRANS – pomiče W - nul točku G54, G55, … (iz baze podataka) na novu poziciju.

ATRANS prebacuje nul točku u odnosu na zadnju poziciju (G54 G55, … TRANS)



4.7.2. ROT - AROT – programirana rotacija

ROT / AROT rotira koordinate izratka oko svake osi sistema X, Y i Z ili kut **RPL** u odabranoj radnoj površini.
Time je omogućeno jednostavno programiranje po konturama u glavnom koordinatnom sistemu te naknadno zakretanje.



X, Y, Z – rotacija u stupnjevima oko izabrane osi

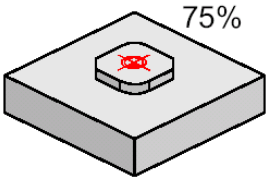
RPL – **R**otation in the **PL**ane - rotacija po površini u stupnjevima
Primjer:

ROT Z30 ili **AROT RPL45**

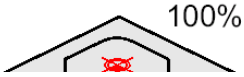
4.7.3. SCALE - ASCALE – programirano mjerilo

SCALE - ASCALE – omogućuje postavljanje posebnog omjera (faktor mjerila) za svaku os X, Y, Z.

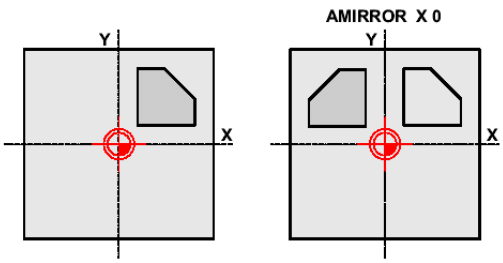
Ovime se povećavaju ili smanjuju dimenzije izratka – produljuje se ili skraćuje putanja alata

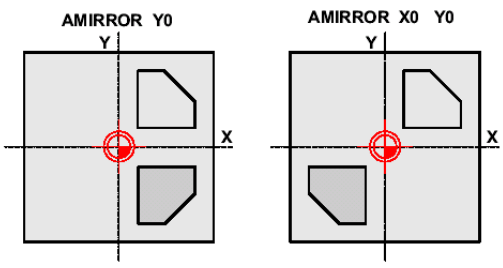



```
N0005 G54 LF
N0010 TRANS X ... Y ...
N0015 ASCALE X 0.75 Y 0.75 LF
N0020 ...
N0075 SCALE LF
N0080 M30 LF
```




```
N0005 G54 LF
```





4.7.4. MIRROR - AMIRROR – programirano zrcaljenje

Naredba **MIRROR / AMIRROR** omogućuje zrcaljenje izratka oko koordinatnih osi X, Y, Z.

Kontura 1 se programira u potprogramu.
Daljnje 3 konture programiraju se zrcaljenjem.

Pomak nul točke G54 je u sredini izratka.

Ova naredba je korisna kod glodanja kalupa.

4.8. Ciklusi

Ciklus je niz već unaprijed određenih radnji koje će stroj obaviti automatski. Nakon zadavanja potrebnih parametara, računalo samo odredi optimalnu putanju alata. Tako određeni i proračunati ciklus je u memoriji računala i postepeno se izvršava.

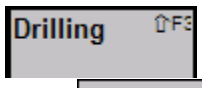
Ciklusi mogu biti :
- standardni
- korisnički

Nalaze se pod **Menu \ Programs \ Standard cycles** ili **Menu \ Programs \User cycles**

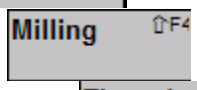
Poziv ciklusa je pomoću horizontalne funkcijske tipke <F4> **Support**.
Ciklusi se također mogu pozvati naredbom **MCALL.**

Standardni ciklusu su:

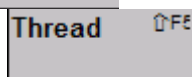
Ciklusi za bušenje <F3>



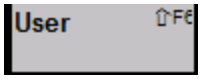
Ciklusi za glodanje <F4>



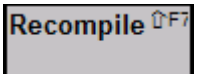
Ciklusi za narezivanje navoja <F5>



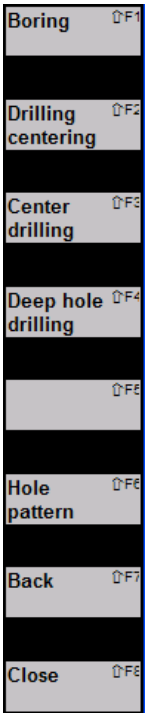
Dok je za korisničke cikluse tipka <F6>

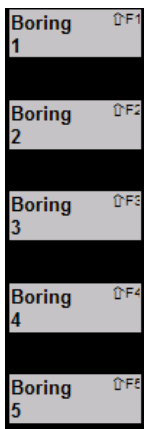


Recompile <F7>

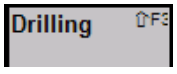


je tipka koja omogućava ispravljanje upisanih parametara nekog ciklusa preko njegovog menia.





4.8.1.Ciklusi za bušenje

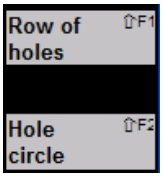


Aktiviranjem ciklusa za bušenje <F3> otvara se novi prozor koji nudi vrste bušenja (slika 4.8.1.)

Sinunerik 840D nudi cikluse za bušenje (**CYCLE 81 - 82**), duboko bušenje(**CYCLE 83**) i izbušivanje (**CYCLE 85 – 89**),
te za šablone izrade rupa (Hole pattern – **Hole 1** i **Hole2**)

4.8.1.1. CYCLE 81 - Ciklus za bušenje rupa (Drilling centering <F2>)

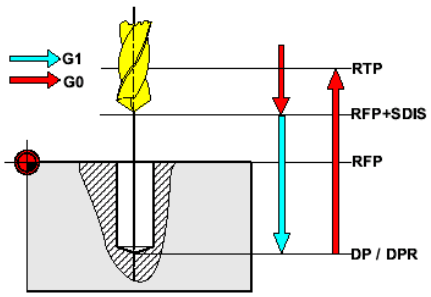
Pozivom ciklusa za bušenje rupa moguće je izrađivati uvrte, navrte ili provrte.
Opis ciklusa počinje sa preglednom tablicom koja sadrži
naziv ciklusa i sve njegove parametre, isto kao i kod tokarenja.



Cycle params:	CYCLE81	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.

Rectract (Return) plane **RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent (Absolute) plane **RFP -** referentna površina (površina u kojoj je nul točka W)
Safety distance **SDIS -** sigurnosno odstojanje (u brzom hodu G0)
Final drillling depth (Absolute) **DP -** ukupna dubina bušenja
Depth increment **DPR -** površina do koje se buši od referentne površine

Grafički prikaz svih parametara aktivira se tipkom

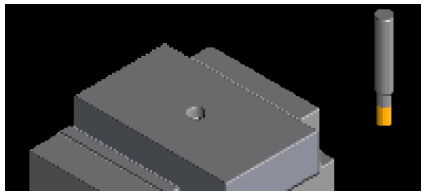


N100 CYCLE 81 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR)

Ispunjena tablica je prikazana na slici

Cycle params:	CYCLE81	
Retract plane	RTP	5.
Ref. plane	RFP	-1.
Safety dist.	SDIS	3.
Fin.dr.depth	DP	-10.
Depth incr.	DPR	0.

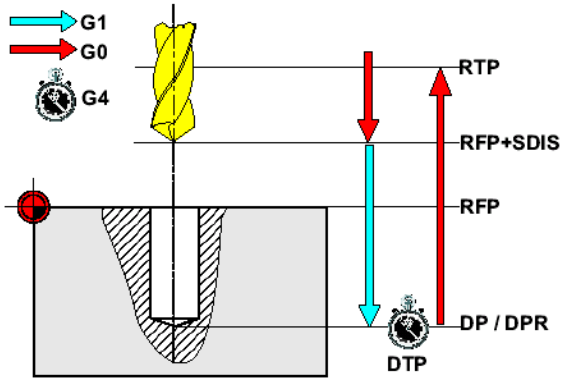
Primjer:



Ispis u NC programu izgleda :

```
CYCLE81(5,-1,3,-10,0)
```

4.8.1.2. CYCLE 82 - Ciklus za bušenje rupa <F3> sa programiranim zadržavanjem na dnu rupe (Center driling)



N100 CYCLE 82 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTP)

Pozivom ovog ciklusa za bušenje moguće zadržati svrdlo na dnu rupe određeno vrijeme. (Slika 4.8.1.2.)

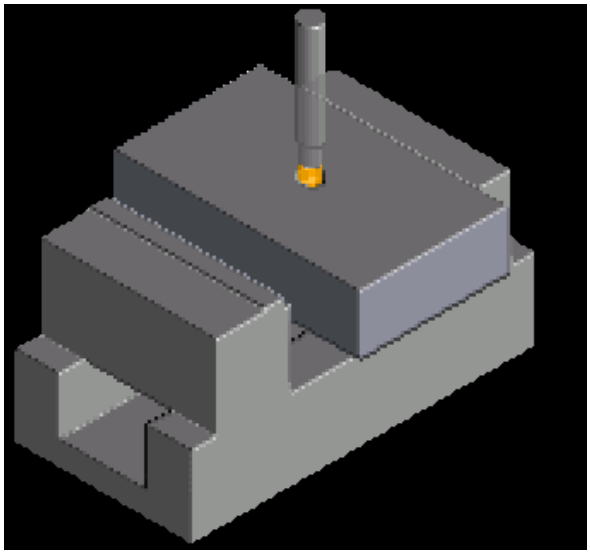
Cycle params:	CYCLE82	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Dwell time	DTB	0.

Tablica ciklusa **82**. za razliku od ciklusa **81**. ima dodanu vrijednost vremena **DTB** u sekundama koliko se svrdlo mora zadržati na dnu rupe.

Rectract (Return) plane **RTP** - povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent (Absolute) plane **RFP** - referentna površina (površina u kojoj je nul točka W)
Safety distance **SDIS** - sigurnosno odstojanje (u brzom hodu G0)
Final drillling depth (Absolute) **DP** - ukupna dubina bušenja
Depth increment **DPR** - površina do koje se buši od referentne površine
Dwell time **DTB** - vrijeme čekanja na dnu rupe u sekundama (G4)

Primjer ispunjene tablice i prikaz simulacije

Cycle params:	CYCLE82	
Retract plane	RTP	3.
Ref. plane	RFP	-1.
Safety dist.	SDIS	1.
Fin.dr.depth	DP	-6.
Depth incr.	DPR	0.
Dwell time	DTB	2.



Ispis u NC programu izgleda :

```
CYCLE82(3,-1,1,-6,0,2)
```

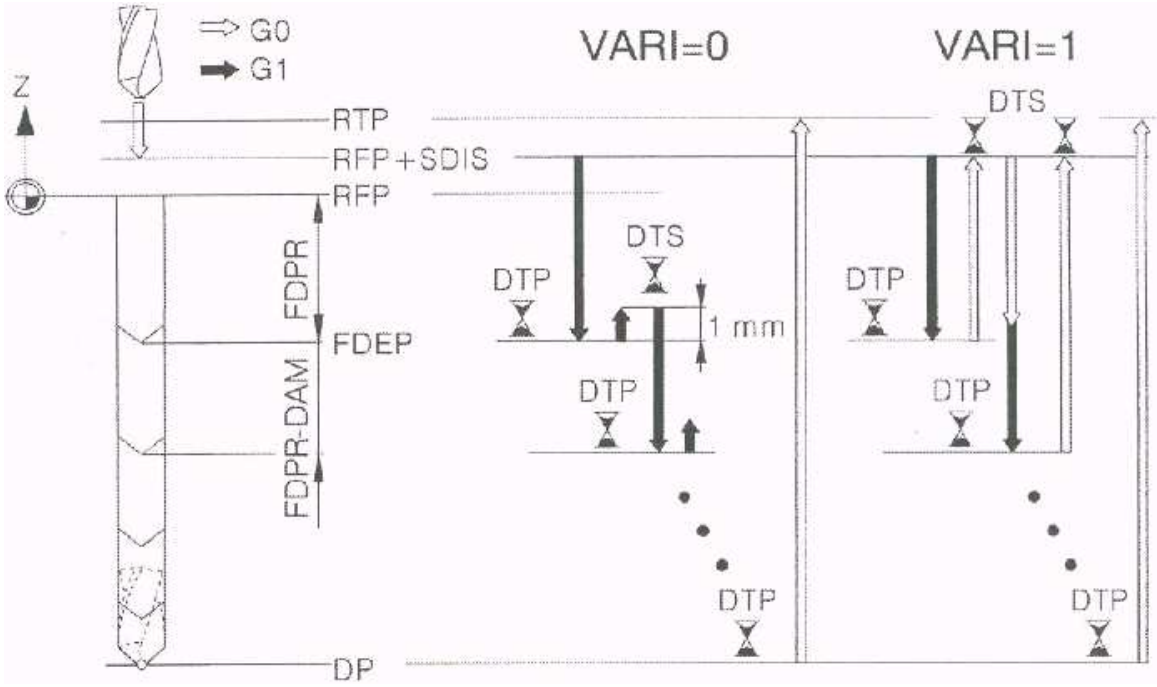
4.8.1.3. CYCLE 83 - Ciklus za duboko bušenje <F4> (Deep hole driling)

Kod dubokog bušenja rupa svrdlo ne može iz jednog zahvata (ulaza) napraviti ukupnu dubinu rupe. Potrebno je prekidanje rada i vađenje svrdla zbog izbacivanja strugotine, hlađenja alata i obratka.

U tablici ciklusa 83 prikazani su potrebni parametri:

Cycle params:	CYCLE83	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Drill depth_1	FDEP	0.
Depth_1, incr	FDPR	0.
Degression	DAM	0.
Dwell time	DTB	0.
Dwell time	DTS	0.
Feedr. factor	FRF	1.
Operation	VARI	0

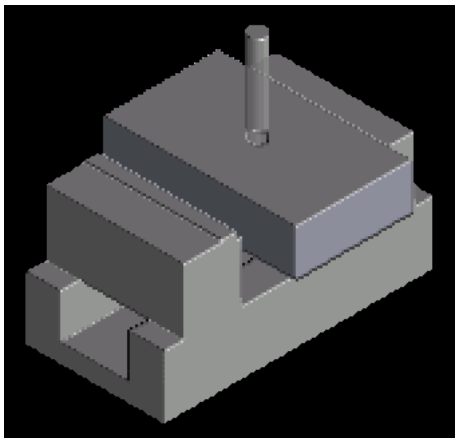
Rectract (Return) plane	**RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent (Absolute) plane	**RFP -** referentna površina (površina u kojoj je nul točka W)
Safety distance	**SDIS -** sigurnosno odstojanje (u brzom hodu G0)
Final drillling depth (Abs)	**DP -** ukupna dubina bušenja
Depth increment	**DPR -** površina do koje se buši od referentne površine
Drill depth_1	**FDEP -** apsolutna dubina prvog bušenja (G1)
Depth_1, increment	**FDPR -** relativna dubina prvog bušenja (korak)
Degression	**DAM –** vrijednost smanjenja koraka bušenja
Dwell time	**DTB -** vrijeme čekanja na dnu rupe u sekundama
Dwell time	**DTS -** vrijeme čekanja prije nastavka bušenja u sekundama
Feedrate factor	**FRF -** faktor smanjena posmaka kod nastavka bušenja
Operation	**VARI –** varijanta izrade rupe



Primjer ciklusa i izgleda simulacije

```
CYCLE83(10,-1,3,-18,0,-6,0,2,1,2,0.1,1)
```

Cycle params:	CYCLE83	
Retract plane	RTP	10.
Ref. plane	RFP	-1.
Safety dist.	SDIS	3.
Fin.dr.depth	DP	-18.
Depth incr.	DPR	0.
Drill depth_1	FDEP	-6.
Depth_1, incr	FDPR	0.
Degression	DAM	2.
Dwell time	DTB	1.
Dwell time	DTS	2.
Feedr. factor	FRF	0.1
Operation	VARI	1



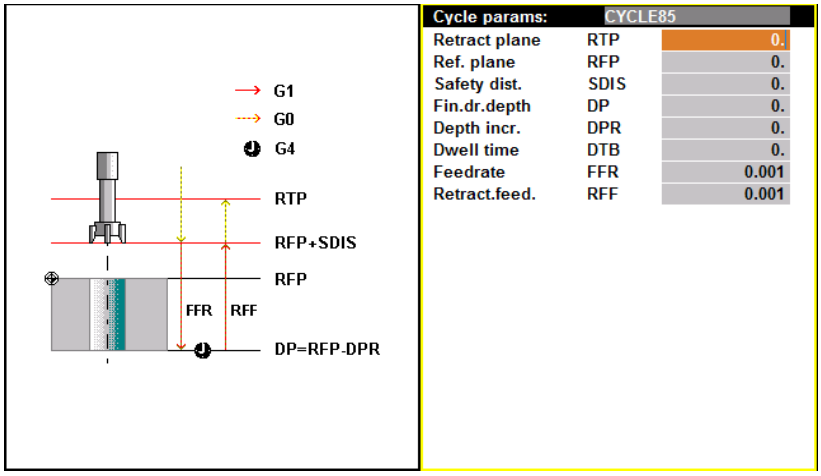
4.8.1.4. Bušenje (razvrtanje) <F1> - to je završna obrada već postojećeg provrta sa alatom razvrtačem koji skida tek nekoliko desetinki mm kako bi se dobio provrt u toleranciji. Postoji pet načina razvrtanja, odnosno proširivanja provrta.

1. **Boring 1** - bušenje ciklus 85 <F1>
2. **Boring 2** - bušenje ciklus 86 <F2>
3. **Boring 3** - bušenje ciklus 87 <F3>
4. **Boring 4** - bušenje ciklus 88 <F4>
5. **Boring 5** - bušenje ciklus 89 <F5>

Boring 1 i Boring 5 su slični ciklusu CYCLE82

1. Boring 1 - bušenje ciklus 85

Izborom horizontalne funkcijske tipke <F1> otvara se tablica ciklusa 85 – Boring 1 sa parametrima koji moraju biti zadani kako bi se izradio provrt.



Cycle params:	CYCLE85	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Dwell time	DTB	0.
Feedrate	FFR	0.001
Retract.feed.	RFF	0.001

Rectract plane	**RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane	**RFP -** referentna površina (površina u kojoj se nalazi nul točka W)
Safety distance	**SDIS -** sigurnosno odstojanje (do ove površine u brzom hodu)
Final drillling depth	**DP -** ukupna dubina bušenja (do ove površine u radnom hodu G1)
Depth increment	**DPR -** površina do koje se buši od referentne površine
Dwell time	**DTB -** vrijeme čekanja na dnu rupe u sekundama (G4)
Feedrate	**FFR -** posmak ulaza svrdla nije iz programa, mora se unijeti u ciklus
Retraction feed	**RFF -** posmak kod izlaza svrdla iz rupe, mora se unijeti u ciklus

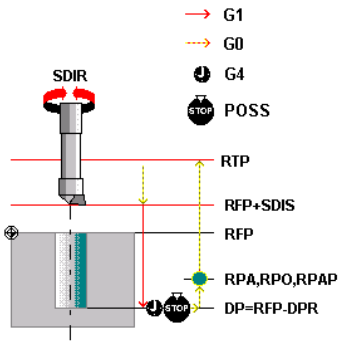
Primjer ispunjene tablice i ispisa programa

```
CYCLE85(5,-1,3,-12,0,1,0.001,0.001)
```

Cycle params:	CYCLE85	
Retract plane	RTP	5.
Ref. plane	RFP	-1.
Safety dist.	SDIS	3.
Fin.dr.depth	DP	12.
Depth incr.	DPR	0.
Dwell time	DTB	3.
Feedrate	FFR	0.1
Retract.feed.	RFF	0.1

2. Boring 2 - bušenje Ciklus 86

Izborom horizontalne funkcijske tipke <F2> otvara se tablica ciklusa 86 – Boring 2 sa parametrima koji moraju biti zadani kako bi se izradio provrt. Aktiviranjem tipke «info» prikazuje se grafički opis ciklusa (slika). Dozvoljeno je korištenje samo glave za izbušivanje.

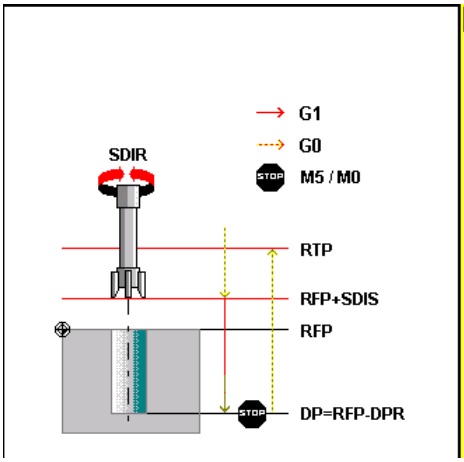


Cycle params:	CYCLE86	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Dwell time	DTB	0.
Dir. of rot.	SDIR	3
Retract path	RPA	0.
Retract path	RPO	0.
Retract path	RPAP	0.
Spindle pos.	POSS	0.

Rectract plane **RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane **RFP -** referentna površina (površina u kojoj se nalazi nul točka W)
Safety distance **SDIS -** sigurnosno odstojanje (do ove površine u brzom hodu G0)
Final drillling depth **DP -** ukupna dubina bušenja
Depth increment **DPR -** površina do koje se buši od referentne površine
Dwell time **DTB -** vrijeme čekanja na dnu rupe u sekundama
Direction of rotation **SDIR -** smjer rotacije alata 3 – CW, 4 - CCW
Retract path **RPA -** pomak skidanja materijala po osi X (inkrementno)
Retract path **RPO -** pomak skidanja materijala po osi Y (inkrementno)
Retract path **RPAP -** pomak skidanja materijala po osi Z (inkrementno)
Spindle position **POSS -** točna pozicija vretena kod zaustavljanja

3. Boring 3 - bušenje ciklus 87

Izborom horizontalne funkcijske tipke <F3> otvara se tablica ciklusa 87 – Boring 3 sa parametrima koji moraju biti zadani kako bi se izradio provrt. Aktiviranjem tipke «info» prikazuje se grafički opis ciklusa (slika).

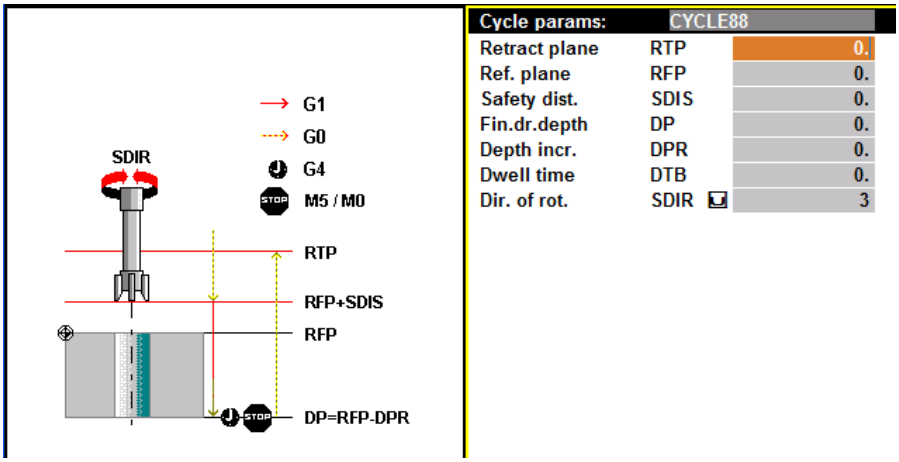


Cycle params:	CYCLE87	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Dir. of rot.	SDIR	3

Rectract plane **RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)

Referent plane **RFP -** referentna površina (površina u kojoj se nalazi nul točka W)
Safety distance **SDIS -** sigurnosno odstojanje (do ove površine u brzom hodu G0)
Final drillling depth **DP -** ukupna dubina bušenja
Depth increment **DPR -** površina do koje se buši od referentne površine
Direction of rotation **SDIR -** smjer rotacije alata 3 – CW, 4 - CCW

4. Boring 4 - bušenje ciklus 88

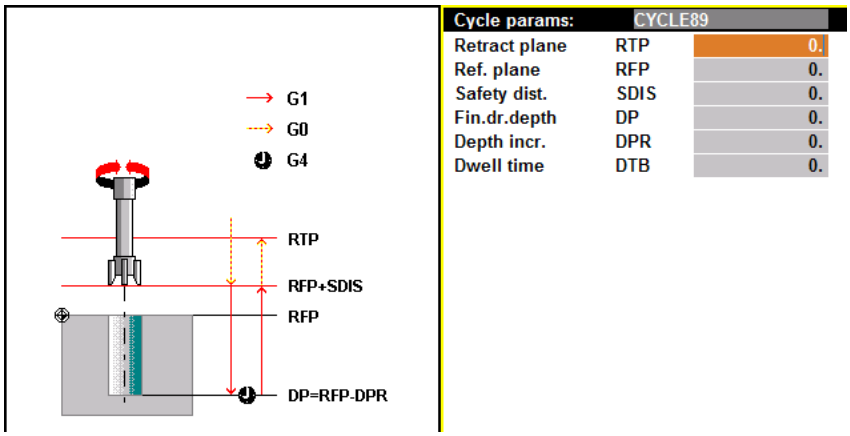


Rectract plane **RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane **RFP -** referentna površina (površina u kojoj se nalazi nul točka W)
Safety distance **SDIS -** sigurnosno odstojanje (do ove površine u brzom hodu G0)
Final drillling depth **DP -** ukupna dubina bušenja
Depth increment **DPR -** površina do koje se buši od referentne površine
Dwell time **DTB -** vrijeme čekanja na dnu rupe u sekundama
Direction of rotation **SDIR -** smjer rotacije alata 3 – CW, 4 - CCW

5. Boring 5 - bušenje ciklus 89

Izborom horizontalne funkcijske tipke <F5> otvara se tablica ciklusa 89 – Boring 5 sa parametrima koji moraju biti zadani kako bi se izradio provrt.

slika



Opis parametara:

Rectract plane	**RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane	**RFP -** referentna površina (površina u kojoj se nalazi nul točka W)
Safety distance	**SDIS -** sigurnosno odstojanje (do ove površine u brzom hodu)
Final drillling depth	**DP -** ukupna dubina bušenja (do ove površine u radnom hodu G1)
Depth increment	**DPR -** površina do koje se buši od referentne površine
Dwell time	**DTB -** vrijeme čekanja na dnu rupe u sekundama (G4)

4.8.1.5. Šablone za izradu rupa (Hole pattern)

Iz slike vidljivo je da se vertikalnom funkcijskom tipkom <F6> može pozvati ciklus koji pomaže pri izradi rupa **Hole pattern**. Pod ovom opcijom nalaze se dva ciklusa:

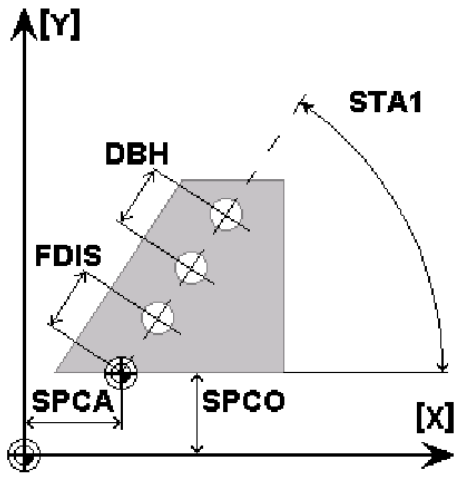
1. **HOLES1** – izrada rupa u redovima
2. **HOLES2** – izrada rupa u krugovima

1. Row of holes - izrada rupa u redovima HOLES1

Pozivom ciklusa izradu rupa u redovima <F1> aktivira se pregledna tablica koja sadrži naziv ciklusa i sve njegove parametre. (slika)

Cycle params:	HOLES1	
Ref. point	SPCA	0.
Ref. point	SPCO	0.
Angle	STA1	-180.
Distance	FDIS	0.
Distance	DBH	0.
Number	NUM	1

Referent point	**SPCA -** udaljenost početne točke od Nul točke po apscisi (osi X)
Referent point	**SPCO -** udaljenost početne točke od Nul točke po ordinati (os Y)
Angle	**STA1 -** kut nagiba osi reda rupa prema osi X
Distance	**FDIS -**udaljenost prve rupe od ishodišta (inkrementalno)
Distance	**DBH -** udaljenost između rupa (inkrementalno)
Number	**NUM -**broj rupa



Kod programiranja reda rupa koristi se modalni poziv **MCALL**.

Primjer:

MCALL CYCLES81
HOLES1 (10,10,45,10,10,5)
MCALL

```
MCALL CYCLE81(5,-1,3,-10,0)LF
HOLES1(10,10,45,10,10,5)LF
MCALLLF
```

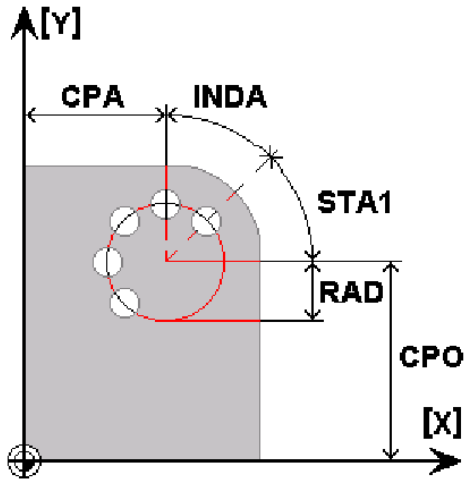
2. Circle of holes izrada rupa u krugovima HOLES2

Pozivom ciklusa izradu rupa u krugovima <F2> aktivira se pregledna tablica koja sadrži naziv ciklusa i sve njegove parametre. (slika)

Cycle params:	HOLES2	
Center point	CPA	0.
Center point	CPO	0.
Radius	RAD	0.
Start. angle	STA1	-180.
Incr. angle	INDA	0.
Number	NUM	1

Center point **CPA -** udaljenost središta kružnice od Nul točke po apscisi (osi X)
Center point **CPO -** udaljenost središta kružnice od Nul točke po ordinati (os Y)
Radius **RAD -** radijus kružnice po kojoj se izrađuju rupe
Start angle **STA1 -** početni kut pozicije prve rupe mjereno od osi X
Incr. angle **INDA -** kut između rupa
Number **NUM -**broj rupa

Kod programiranja reda rupa koristi se modalni poziv **MCALL**.



Primjer:

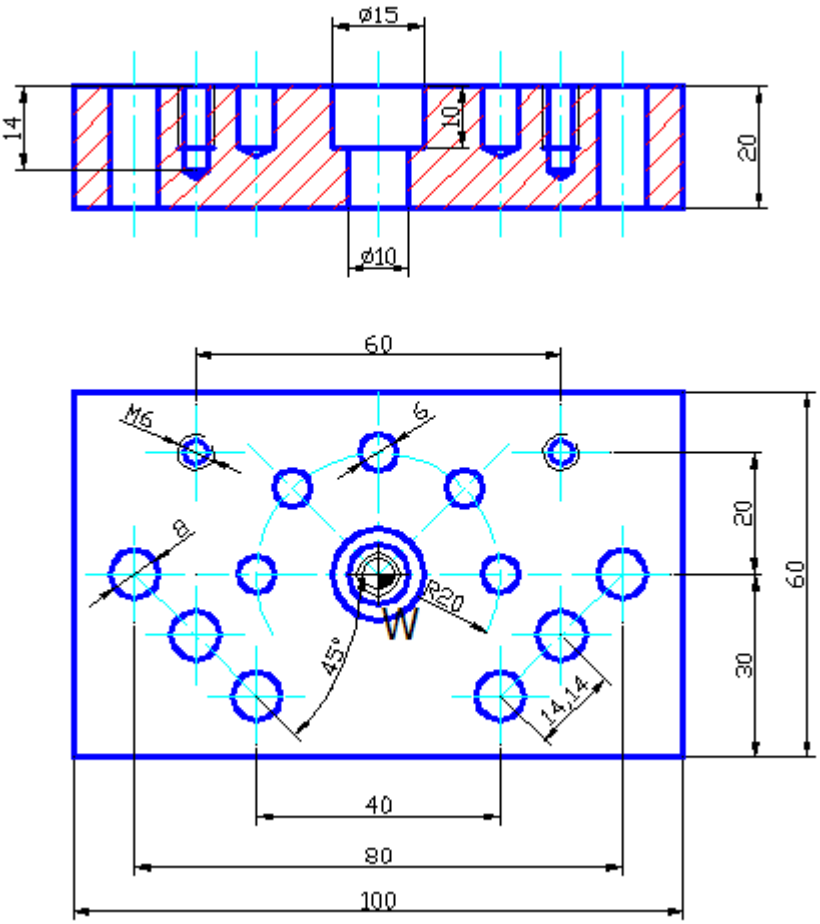
MCALL CYCLES81
HOLES1 (10,10,45,10,10,5)
MCALL

```
MCALL CYCLE81(5,-1,3,-10,0)
HOLES1(10,10,45,10,10,5)
MCALL
```

4.8.1.6. Vježba br. 4 – Ciklusi bušenja

Zadatak:

Načiniti program izrade za ploču u kojoj se nalaze različiti provrti prema slici. Za sve provrte koristiti potrebne funkcije ciklusa. Napraviti Operacijski list, izabrati alate i režime rada te simulirati program izrade i popraviti eventualne greške.



Uputa:

Za izradu ove bušačke ploče potrebno je sedam alata.

- glodalo za poravnanje ϕ40 -T1 – poravnanje ploče
- spiralno svrdlo ϕ5 – T2 – bušenje za navoj 2xM6
- ureznik M6 – T3
- spiralno svrdlo ϕ6 – T4 – ciklus bušenja HOLES 2 – 5xϕ6
- spiralno svrdlo ϕ8 – T5 – ciklus dubokog bušenja HOLES 1 – 3xϕ8 (2puta)
- spiralno svrdlo ϕ10 – T6 – bušenje središnje rupe
- bušačka motka – T7 – proširivanje središnje rupe na ϕ15

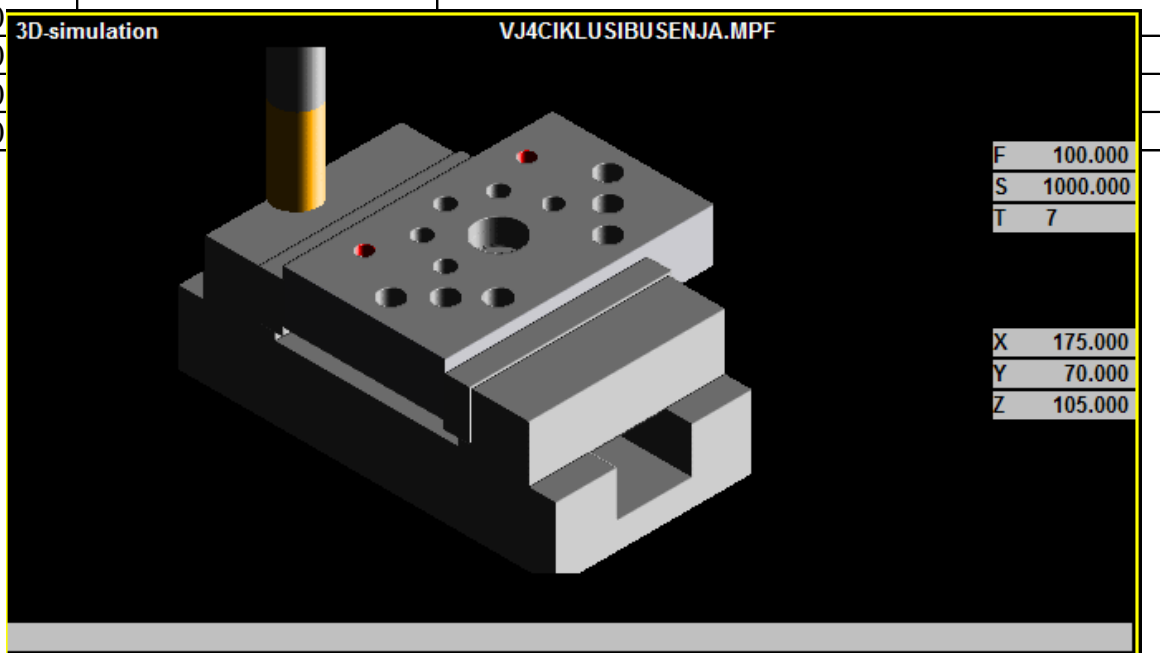
Koristiti grafički prikaz pojedinih ciklusa sa potrebnim parametrima iz tablica.
Prije bušenja poravnati gornju površinu (čelo) ploče glodalom za poravnanje promjera 40 mm.

Operacijski list

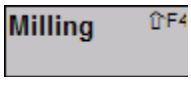
Red. broj	Opis zahvata-operacije	Alat	Posmak mm/min F	Broj okretaja o/min S
10.				
20.				
30.				
40.				
50.				
60.				
70.				

Vježba 4. Ciklusi bušenja - Ispis programa

Red. br.	Funkcije programa	Napomena
N10		
N20		
N30		
N40		
N50		
N60		
N70		
N80		
N90		
N100		
N110		
N120		
N130		
N140		
N150		
N160		
N170		
N180		
N190		
N200		
N210		
N220		
N230		
N240		
N250		
N260		
N270		
N280		
N300		
N310		
N320		

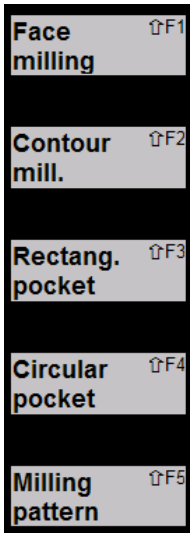


4.9. Ciklusi za glodanje

Ciklusi za glodanje <F4> 

otvara izbornik:

čije su opcije:



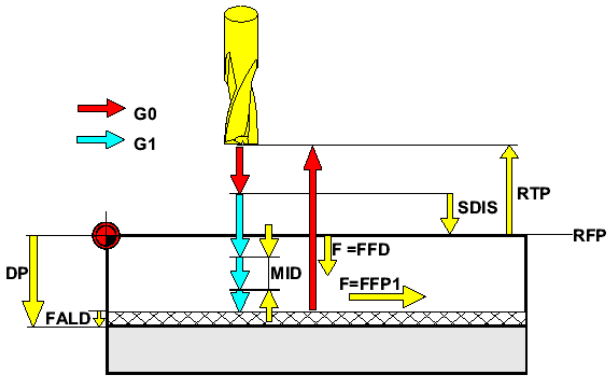
<F1> **Face milling** – čeono glodanje
<F2> **Contour milling** – glodanje po konturi
<F3> **Rectangular pocket** – pravokutni džep
<F4> **Circular pocket** – okrugli džep
<F5> **Milling pattern** – šablone glodanja

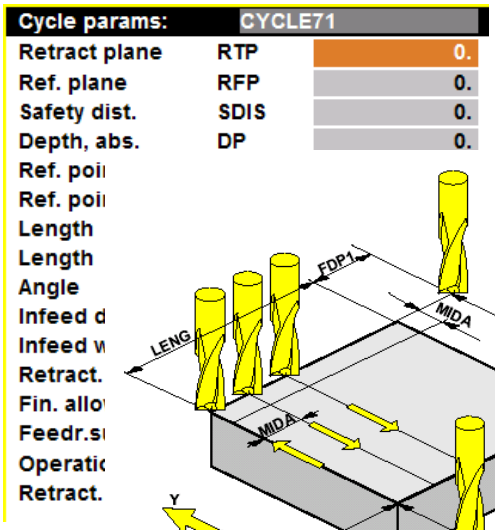
4.9.1. Face milling – čeono glodanje

Ciklus čeonog glodanja (poravnavanja) ne sadrži kompenzaciju alata, tj duljina i širina ciklusa su u odnosu na os rotacije alata. Moguće je glodati bilo koju pravokutnu površinu.

Pozivom ciklusa 71 za čeono glodanje otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima.

Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa.



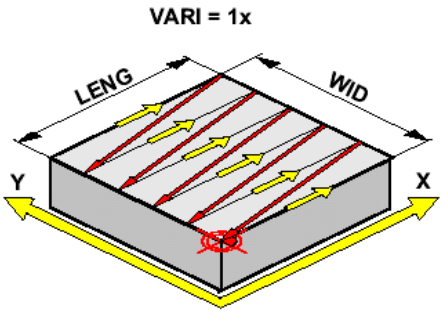


Rectract plane vraća alat)	**RTP -** povratna površina (površina u koju se
Referent plane nalazi nul točka W)	**RFP -** referentna površina (površina u kojoj se
Safety distance	**SDIS -** sigurnosno odstojanje
Depth, apsolute	**DP -** ukupna dubina bušenja
Referent point	**PA -** početna točka apsolutna po apcisi – X os
Referent point	**PO -** početna točka apsolutna po ordinati – Y os
Lenght	**LENG -** duljina pravokutnika po apscisi – X os
Lenght	**WID -** duljina pravokutnika po ordinati – Y os
Angle	**STA -** kut između X-osi izratka i X-osi pravokutnika ciklusa
Infeed depth	**MID -** maksimalna dubina rezanja po koraku
Infeed width	**MIDA -** maksimalna širina rezanja po koraku
Retraction path	**FDP -** povratni pomak na površinu po Y-osi (inkrementni)
Final allowance	**FALD -** strojno dopuštenje obrade po dubini (inkrementno)
Feedrate surface	**FFP1 -** posmak čeone obrade
Operation	**VARI -** varijanta čeone obrade (slika 11.28)
Retraction path	**FDP1 -** povratni pomak na površinu po X-osi (inkrementni)

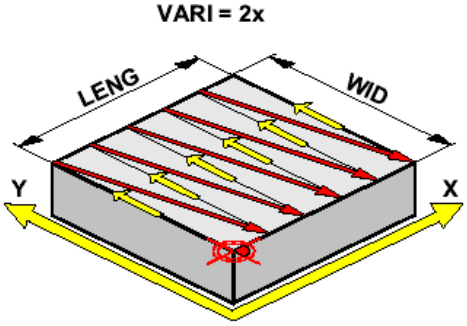
Varijante obrade su: **Operation** **VARI** 11

Prvi broj varijante (slike a, b, c i d)
1 - paralelno s X-osi 2 - paralelno s Y-osi

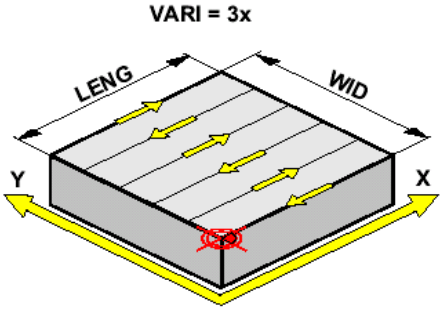
u jednom pravcu



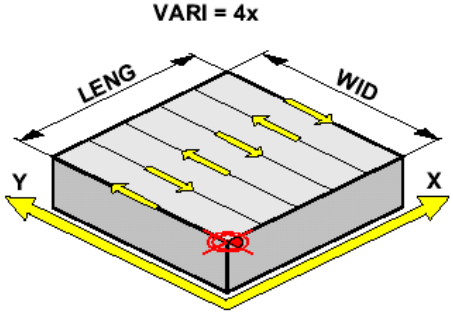
u jednom pravcu



3 - paralelno s X-osi
s promjenom pravca



4 - paralelno s Y-osi
s promjenom pravca



Drugi broj varijante

1 – postepeno čišćenje slojeva
2 – završno skidanje sloja

Primjer ispisa u CNC programu izgleda :

Cycle71(RTP,RFP,SDIS,DP,PA,PO,LENG,WID,STA,MID,MIDA,FDP,FALD,FFP1,VARI, FDP1)

CYCLE71(10,0,2,-6,0,0,60,40,10,2,10,5,0,400,31,2)

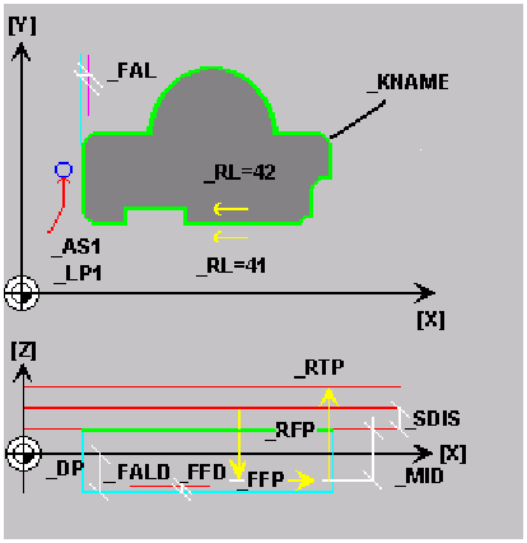
4.9.2. Contour milling – glodanje po konturi

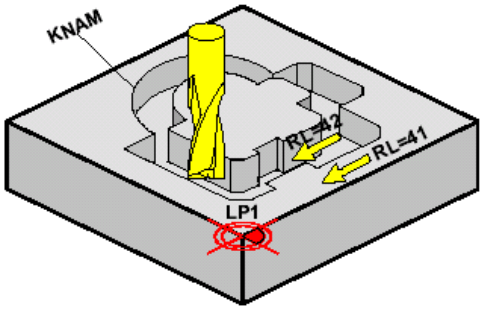
Ciklus konturnog glodanja sadrži kompenzaciju alata pomoću naredbi **G41** ili **G42**.

Pozivom ciklusa 72 za konturno glodanje otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima.

Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa.

Cycle params:	CYCLE72	
Name	KNAM	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Depth, abs.	DP	0.
Infeed depth	MID	0.
Fin. allow.	FAL	0.
Fin. allow.	FALD	0.
Feedr.surface	FFP1	0.001
Feedr. depth	FFD	0.001
Operation	VARI	11
Operation	RL	41
Approach path	AS1	1
Length,radius	LP1	0.
Retract.feed.	FF3	0.
Retract path	AS2	1
Length,radius	LP2	0.





Name	**KNAM -** ime potprograma konture
Rectract plane	**RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane	**RFP -** referentna površina (površina u kojoj se nalazi nul točka W)
Safety distance	**SDIS -** sigurnosno odstojanje
Depth, apsolute	**DP -** ukupna dubina bušenja
Infeed depth	**MID -** maksimalna dubina rezanja po koraku
Final allowance	**FAL -** strojno dopuštenje obrade po boku
Final allowance	**FALD -** strojno dopuštenje obrade po dubini
Feedrate surface	**FFP1 -** posmak čeone obrade
Feedrate depth	**FFD -** posmak po dubini ulaza alata
Operation	**VARI -** varijanta čeone obrade
Operation	**RL -** varijanta smjera prolaza G41 ili G42
Approch path	**AS1 –** prilaz alata konturi

Approach:0x/1x Plane/3 Axes, x1-x3 Straight/Quarter circle/Hal

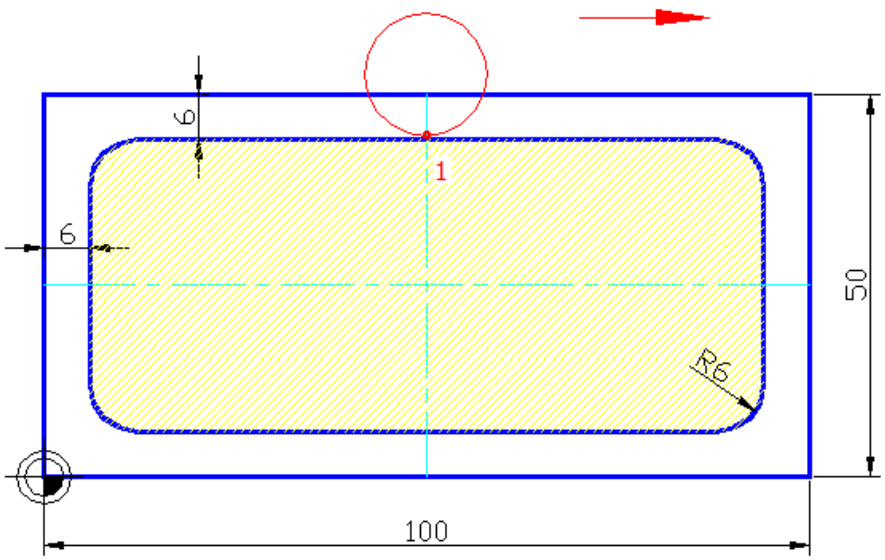
Pojedinačne brojke imaju značenje: 1 – pravocrtni pomak, 2 – polukružni pomak, 3 – kvadrant
Desetice imaju značenje: 0 – prilaz konturi u ravnini, 1 – prilaz konturi u prostoru

Length, radius	**LP1 / LP2** **LP1 –** dužina puta prilaza (po pravcu) ili radijus kružne putanje **LP2 –** dužina puta odmicanja alata (po pravcu) ili radijus kružne putanje odmicanja (ove vrijednosti moraju biti >0)
Retraction feedrate	**FF3 -** povratni posmak alata (ako nije programiran uzima se posmak od G1)
Retraction path	**AS2 –** odmicanje alata od konture

0xx-3xx Return posit.,x0x/x1x Intermediate paths G0/G1,xx1/xx2

Primjer:

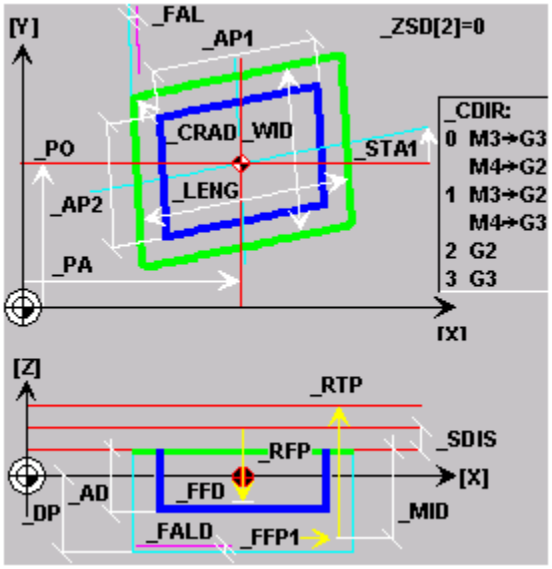
```
G54                                                          Potprogram «kontura1»
TRANS Z20                                                    G1 X50 Y44
T1 D1 M6 (glodalo ϕ16)                                       X94 RNDM=6
S2500 F400 M3
G0 X50 Y50 Z50
Z3                                                           Y6
Cycle72(«kontura1»,2,0,1,-4,4,0,0,250,100,11,41,2,5,0,2,5)  X6
G0 Z40                                                       Y44
 M30                                                         X50 RNDM=0
                                                             M17
```



4.9.3. Rectangular pocket – pravokutni džep

Džepom se naziva svaki ukopani zatvoreni utor u predmetu koji ne izlazi iz vanjske konture predmeta.
Pozivom ciklusa za izradu pravokutnog džepa POCKET3 otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima.
Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa.

Cycle params:	POCKET3	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Pocket depth	DP	0.
Pocket length	LENG	0.
Pocket width	WID	0.
Corner radius	CRAD	0.
Ref. point	PA	0.
Ref. point	PO	0.
Angle	STA	-180.
Infeed depth	MID	0.
Fin. allow.	FAL	0.
Fin. allow.	FALD	0.
Feedr.surface	FFP1	0.001
Feedr. depth	FFD	0.001
Mill. direct.	CDIR	0
Operation	VARI	11
Infeed width	MIDA	0.
Rough.dim.	AP1	0.
Rough.dim.	AP2	0.

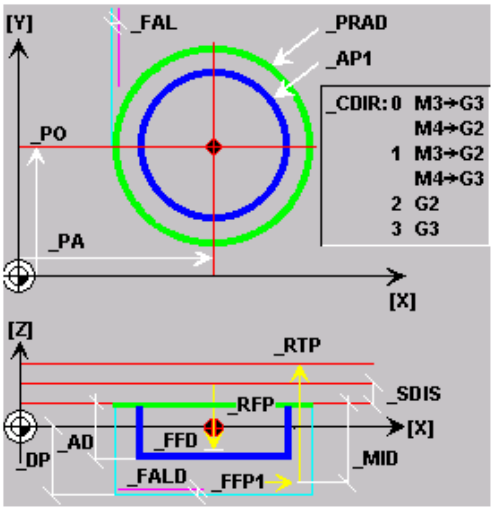


Rough.dim.	AD	0.
Radius, angle	RAD1	0.
Infeed depth incr.	DP1	0.

Rectract plane	**RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane	**RFP -** referentna površina (površina u kojoj se nalazi nul točka W)
Safety distance	**SDIS -** sigurnosno odstojanje
Depth, apsolute	**DP -** ukupna dubina bušenja
Pocket lenght	**LENG -** duljina utora po apscisi – X os
Pocket width	**WID -** širina utora po ordinati – Y os
Corner radius	**CRAD -** radijus u kutu utora
Referent point	**PA -** točka središta utora - apsolutna po apcisi – X os
Referent point	**PO -** točka središta utora apsolutna po ordinati – Y os
Angle	**STA -** kut između X-osi utora i X-osi sustava
Infeed depth	**MID -** maksimalna dubina rezanja po koraku
Final allowance	**FAL -** strojno dopuštenje obrade po boku
Final allowance	**FALD -** strojno dopuštenje obrade po dubini (inkrementno)
Feedrate surface	**FFP1 -** posmak čeone obrade
Feedrate depth	**FFD -** posmak po dubini ulaza alata
Mill direction	**CDIR -** smijer obrade G2 ili G3
Operation	**VARI -** varijanta čeone obrade (slika 11.28)
Infeed width	**MIDA -** maksimalna širina rezanja po koraku
Rough. dim	**AP1 -** osnovna (gruba) mjera utora po duljini
Rough. dim	**AP2 -** osnovna (gruba) mjera utora po širini
Rough. dim	**AD -** osnovna (gruba) mjera utora po dubini
Radius, angle	**RAD1 -** radijus , kut zakrivljenja
Infeed depth incr	**DP1 -** dubina koraka kod ulaza po zakrivljenju

4.9.4. Circular pocket – kružni džep

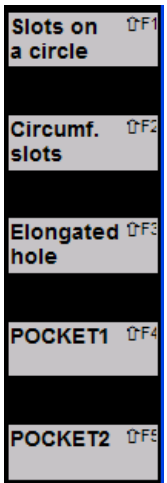
Pozivom ciklusa za izradu kružnog džepa POCKET4 otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima.
Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa.



Cycle params:	POCKET4	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Pocket depth	DP	0.
Pocket radius	PRAD	0.
Center point	PA	0.
Center point	PO	0.
Infeed depth	MID	0.
Fin. allow.	FAL	0.
Fin. allow.	FALD	0.
Feedr.surface	FFP1	0.001
Feedr. depth	FFD	0.001
Mill. direct.	CDIR	0
Operation	VARI	11
Infeed width	MIDA	0.
Rough.dim.	AP1	0.
Rough.dim.	AD	0.
Radius	RAD1	0.
Infeed depth incr.	DP1	0.

Rectract plane	**RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane	**RFP -** referentna površina (površina u kojoj se nalazi nul točka W)
Safety distance	**SDIS -** sigurnosno odstojanje
Depth, apsolute	**DP -** ukupna dubina bušenja
Pocket radius	**PRAD -** radijus kružnog utora
Referent point	**PA -** točka središta utora - apsolutna po apcisi – X os
Referent point	**PO -** točka središta utora apsolutna po ordinati – Y os
Infeed depth	**MID -** maksimalna dubina rezanja po koraku
Final allowance	**FAL -** strojno dopuštenje obrade po boku
Final allowance	**FALD -** strojno dopuštenje obrade po dubini (inkrementno)
Feedrate surface	**FFP1 -** posmak čeone obrade
Feedrate depth	**FFD -** posmak po dubini ulaza alata
Mill direction	**CDIR -** smijer obrade G2 ili G3
Operation	**VARI -** varijanta čeone obrade (slika 11.28)
Infeed width	**MIDA -** maksimalna širina rezanja po koraku
Rough. dim	**AP1 -** osnovna (gruba) mjera utora po duljini
Rough. dim	**AD -** osnovna (gruba) mjera utora po dubini
Radius, angle	**RAD1 -** radijus , kut zakrivljenja
Infeed depth incr	**DP1 -** dubina koraka kod ulaza p

4.9.5. Milling pattern – šablone glodanja

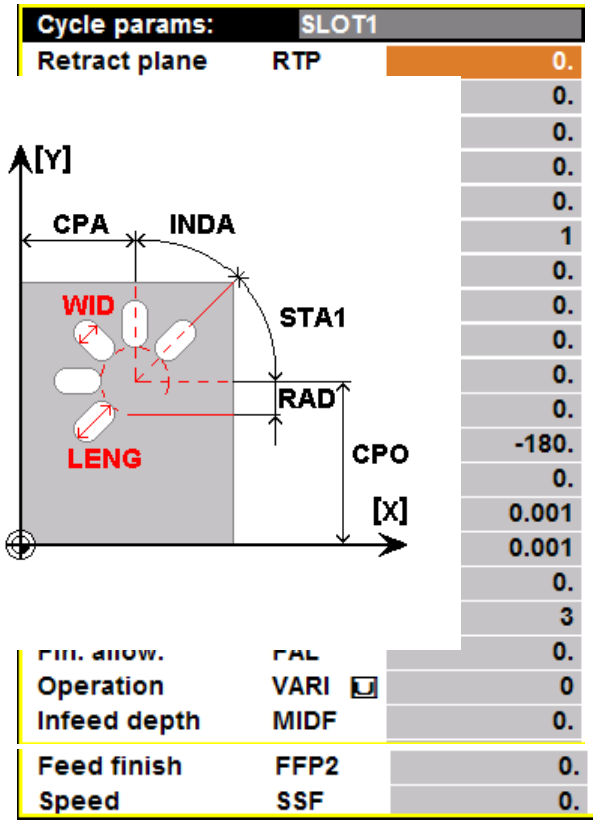


Opcija izbora šablona za glodanje **Milling pattern** nudi pet različitih načina izrade utora:

- **Slots on a circle** – utori na kružnici
- **Circumferential slots** – utori po obodnici
- **Elongated hole** – produljeni utori
- **POCKET1** -
- **POCKET2** -

4.9.5.1. Slots on a circle – utori na kružnici

Pozivom ciklusa za izradu utora po kružnici **SLOT1** otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima.

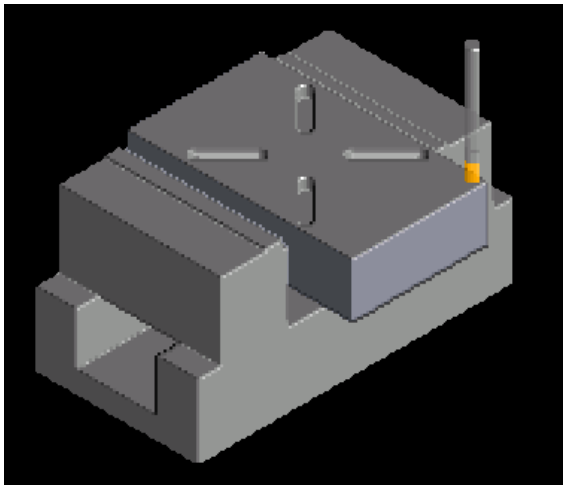


Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa.

Rectract plane	**RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane	**RFP -** referentna površina (površina u kojoj se nalazi nul točka W)
Safety distance	**SDIS -** sigurnosno odstojanje
Slot depth	**DP -** ukupna dubina utora
Depth increment	**DPR -** dubina koraka kod ulaza po zakrivljenju
Number	**NUM -** broj utora
Slot lenght	**LENG -** duljina utora
Groove width	**WID -** širina utora
Center point	**CPA -** točka središta kružnice utora po X osi

Center point	**CPO -** točka središta kružnice utora po Y osi
Radius	**RAD -** radijus unutarnje kružnice utora
Start angle	**STA -** početni kutu utora
Increment angle	**INDA -** kut između utora
Feedrate depth	**FFD -** posmak po dubini ulaza alata
Feedrate surface	**FFP1 -** posmak čeone obrade
Infeed depth	**MID -** maksimalna dubina rezanja po koraku
Mill direction	**CDIR -** smjer obrade G2 ili G3
Final allowance	**FAL -** strojno dopuštenje obrade po boku
Operation	**VARI -** varijanta čeone obrade
Infeed depth	**MIDF -** maksimalna završna dubina rezanja
Feed finish	**FFD -** posmak kod završne obrade
Speed	**SSF -** brzina vretena kod završne obrade

CDIR - smjer obrade
2 u smjeru kazaljke sata
3 obrnuto od kazaljke sata
VARI - varijanta čeone obrade
0 gruba pa fina obrada
1 gruba obrada do završne
2 samo fina završna obrada

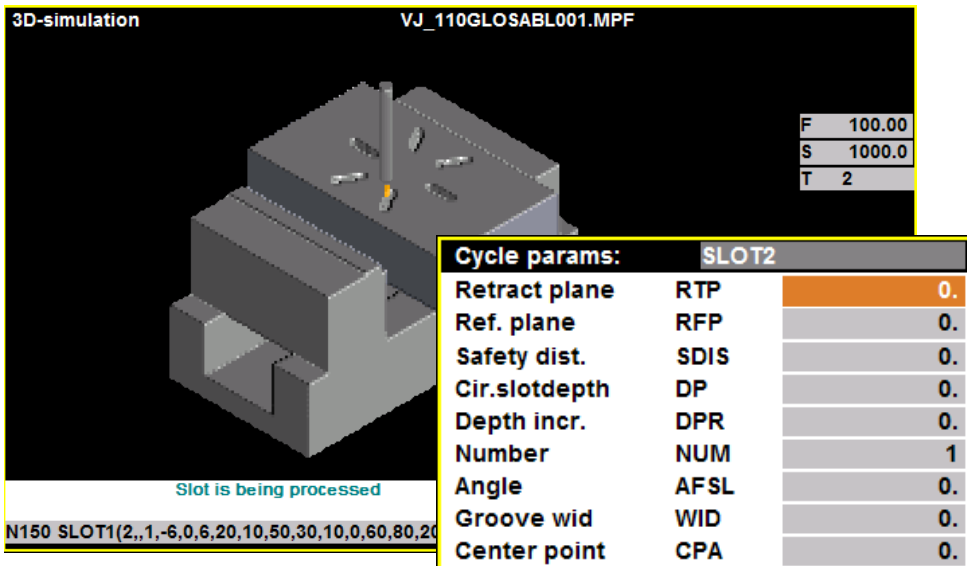


Simulacija ciklusa **SLOT1**

Primjer 1 ispisa u NC programu izgleda :

```
SLOT1(2,,1,-6,0,4,30,10,50,30,10,45,90,80,200,1,3,0.2,0,6,400,3500)'
```

Primjer 2

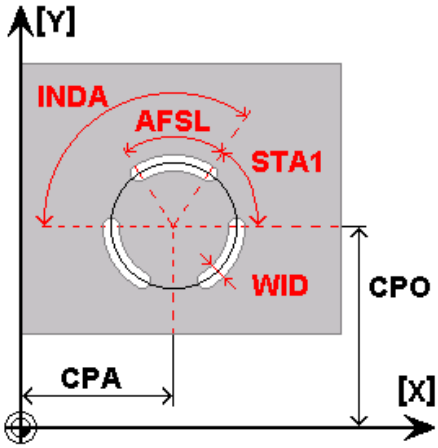


Cycle params:	SLOT2	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Cir.slotdepth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Number	NUM	1
Angle	AFSL	0.
Groove wid	WID	0.
Center point	CPA	0.
Center point	CPO	0.
Radius	RAD	0.
Start. angle	STA1	-180.
Incr. angle	INDA	0.
Feedr. depth	FFD	0.001
Feedr.surface	FFP1	0.001
Infeed depth	MID	0.
Mill. direct.	CDIR	3
Fin. allow.	FAL	0.
Operation	VARI	0
Infeed depth	MIDF	0.

4.9.5.2. Circumferential slots – utori po obodnici

Pozivom ciklusa za izradu utora po obodnici **SLOT2** otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima.

Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa.

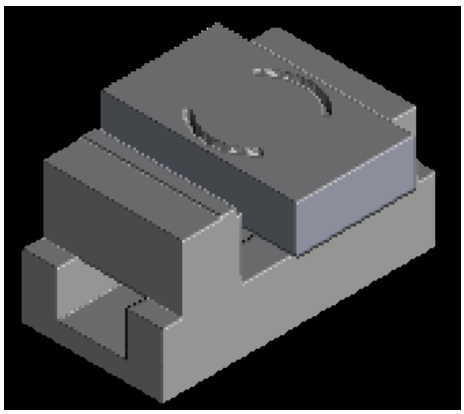


Rectract plane **RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane **RFP -** referentna površina (površina u kojoj se nalazi nul točka W)
Safety distance **SDIS -** sigurnosno odstojanje
Slot depth **DP -** ukupna dubina utora
Depth increment **DPR -** dubina koraka kod ulaza po zakrivljenju
Number **NUM -** broj utora
Angle **AFSL -** kut duljine utora

Groove width **WID -** širina utora
Center point utora po X osi **CPA -** točka središta kružnice
Center point utora po Y osi **CPO -** točka središta kružnice
Radius **RAD -** radijus unutarnje kružnice utora
Start angle **STA1 -** početni kutu utora
Increment angle **INDA -** kut između utora
Feedrate depth **FFD -** posmak po dubini ulaza alata
Feedrate surface **FFP1 -** posmak čeone obrade
Infeed depth **MID -** maksimalna dubina rezanja po koraku
Mill direction **CDIR -** smijer obrade G2 ili G3
Final allowance **FAL -** strojno dopuštenje obrade po boku
Operation **VARI -** varijanta čeone obrade
Infeed depth **MIDF -** maksimalna završna dubina rezanja
Feed finish **FFP2 -** posmak kod završne obrade
Speed **SSF -** brzina vretena kod završne obrade

Feed finish	FFP2	0.
Speed	SSF	0.

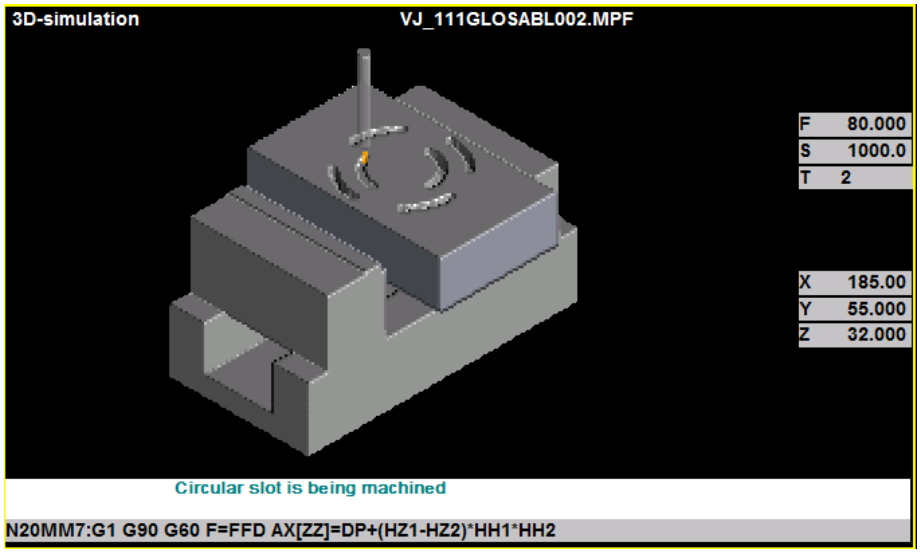
Simulacija ciklusa **SLOT2**



Primjer ispisa u NC programu izgleda :

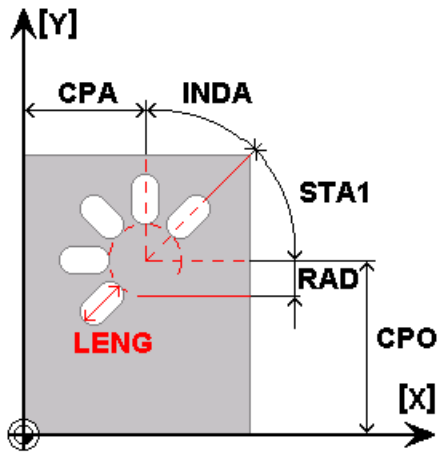
```
SLOT2(2,,1,-6,0,2,90,10,50,30,25,45,180,80,200,1,3,0.1,0,6,400,4000)
```

Primjer



4.9.5.3. Elongated hole – produljeni utori

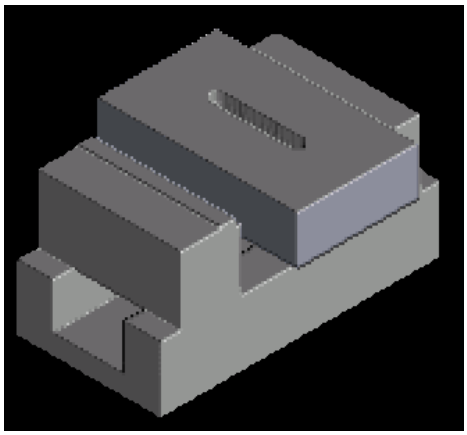
Pozivom ciklusa za izradu utora po obodnici **LONGHOLE** otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima.



Cycle params:	LONGHOLE	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
El.hole depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Number	NUM	1
Hole length	LENG	0.
Center point	CPA	0.
Center point	CPO	0.
Radius	RAD	0.
Start. angle	STA1	-180.
Incr. angle	INDA	0.
Feedr. depth	FFD	0.001
Feedr.surface	FFP1	0.001
Infeed depth	MID	0.

Rectract plane	**RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane	**RFP -** referentna površina (površina u kojoj se nalazi nul točka W)
Safety distance	**SDIS -** sigurnosno odstojanje
El. holee depth	**DP -** ukupna dubina utora
Depth increment	**DPR -** dubina koraka kod ulaza po zakrivljenju
Number	**NUM -** broj utora
Hole lenght	**LENG -** duljina utora
Center point	**CPA -** točka središta kružnice utora po X osi
Center point	**CPO -** točka središta kružnice utora po Y osi
Radius	**RAD -** radijus unutarnje kružnice utora
Start angle	**STA1 -** početni kutu utora
Increment angle	**INDA -** kut između utora
Feedrate depth	**FFD -** posmak po dubini ulaza alata
Feedrate surface	**FFP1 -** posmak čeone obrade
Infeed depth	**MID -** maksimalna dubina rezanja po koraku

Kod ovih utora širina utora je jednaka promjeru alata

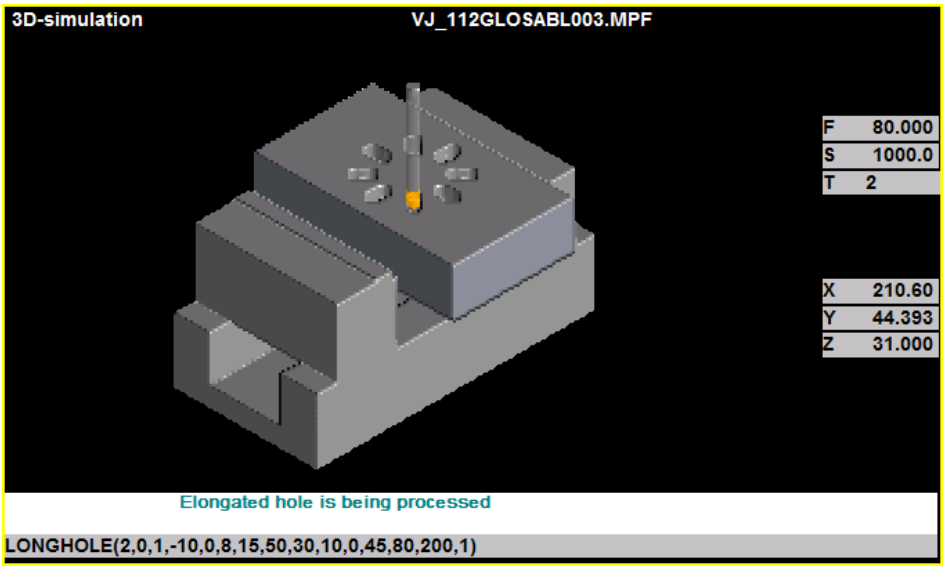


Simulacija ciklusa **LONGHOLE**

Ispis u NC programu izgleda :

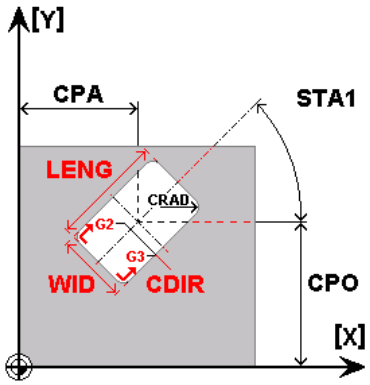
```
LONGHOLE(2,0,1,-10,0,1,50,25,30,0,0,0,80,200,1)
```

Primjer 2



4.9.5.4. POCKET1 – kvadratni džep

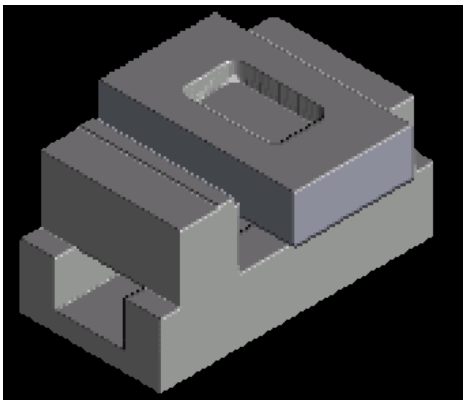
Pozivom ciklusa za izradu kvadratnog džepa **POCKET1** otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima.



Cycle params:	POCKET1	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Pocket depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Pocket length	LENG	0.
Pocket width	WID	0.
Corner radius	CRAD	0.
Center point	CPA	0.
Center point	CPO	0.
Angle	STA1	0.
Feedr. depth	FFD	0.001
Feedr.surface	FFP1	0.001
Infeed depth	MID	0.
Mill. direct.	CDIR	3
Fin. allow.	FAL	0.
Operation	VARI	0
Infeed depth	MIDF	0.
Feed finish	FFP2	0.
Speed	SSF	0.

Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa.

Rectract plane **RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane **RFP -** referentna površina (površina u kojoj se nalazi nul točka W)
Safety distance **SDIS -** sigurnosno odstojanje
Depth, apsolute **DP -** ukupna dubina bušenja
Depth, increment **DPR -** dubina bušenja relativna prema referentnoj površini
Pocket lenght **LENG -** duljina utora po apscisi – X os
Pocket width **WID -** širina utora po ordinati – Y os
Corner radius **CRAD -** radijus u kutu utora
Referent point **CPA -** točka središta utora - apsolutna po apcisi – X os
Referent point **CPO -** točka središta utora apsolutna po ordinati – Y os
Angle **STA1 -** kut između X-osi utora i X-osi sustava
Feedrate depth **FFD -** posmak po dubini ulaza alata
Feedrate surface **FFP1 -** posmak čeone obrade
Infeed depth **MID -** maksimalna dubina rezanja po koraku
Mill direction **CDIR -** smjer obrade G2 ili G3
Final allowance **FAL -** strojno dopuštenje obrade po boku
Operation **VARI -** varijanta čeone obrade
Infeed depth rezanja **MIDF -** maksimalna završna dubina
Feed finish **FFP2 -** posmak kod završne obrade
Speed obrade **SSF -** brzina vretena kod završne



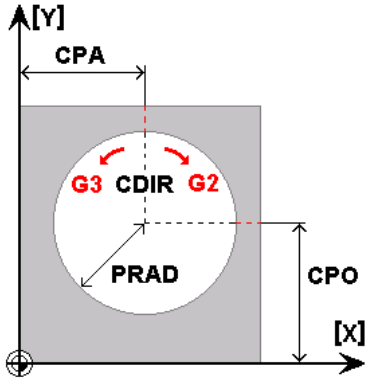
Simulacija ciklusa **POCKET**

Primjer ispisa u NC programu izgleda :

```
POCKET1(0,-1,1,-10,0,50,30,3,50,30,0,80,200,1,3,0.1,1,10,300,3000)
```

4.9.5.5. POCKET2 – kružni džep

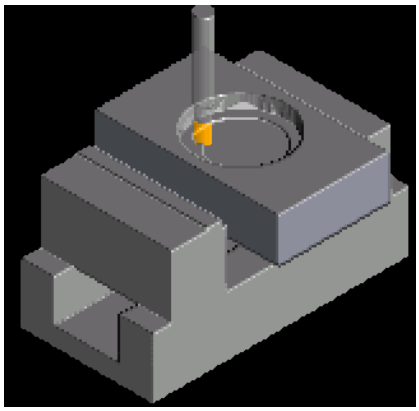
Pozivom ciklusa za izradu kružnog džepa **POCKET2** otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima.

« 

Aktiviranjem tipke ***info***» prikazuje se grafički opis cikusa.

Cycle params:	POCKET2	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Pocket depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Pocket radius	PRAD	0.
Center point	CPA	0.
Center point	CPO	0.
Feedr. depth	FFD	0.001
Feedr.surface	FFP1	0.001
Infeed depth	MID	0.
Mill. direct.	CDIR	3
Fin. allow.	FAL	0.
Operation	VARI	0
Infeed depth	MIDF	0.
Feed finish	FFP2	0.
Speed	SSF	0.

Rectract plane **RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane **RFP -** referentna površina (površina u kojoj se nalazi nul točka W)
Safety distance **SDIS -** sigurnosno odstojanje
Depth, apsolute **DP -** ukupna dubina bušenja
Depth, increment **DPR -** dubina bušenja relativna prema referentnoj površini
Pocket radius **PRAD -** radius utora
Referent point **CPA -** točka središta utora - apsolutna po apcisi – X os
Referent point **CPO -** točka središta utora apsolutna po ordinati – Y os
Feedrate depth **FFD -** posmak po dubini ulaza alata
Feedrate surface **FFP1 -** posmak čeone obrade
Infeed depth **MID -** maksimalna dubina rezanja po koraku
Mill direction **CDIR -** smjer obrade G2 ili G3
Final allowance **FAL -** strojno dopuštenje obrade po boku
Operation **VARI -** varijanta čeone obrade
Infeed depth **MIDF -** maksimalna završna dubina rezanja
Feed finish **FFP2 -** posmak kod završne obrade
Speed **SSF -** brzina vretena kod završne obrade



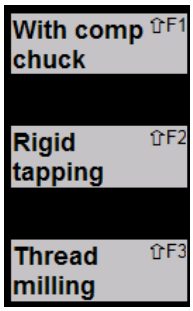
Simulacija ciklusa **POCKET2**

Primjer ispisa u NC programu izgleda :

```
POCKET2(,,0,-15,0,25,50,30,80,200,1,3,0.1,0,15,200,4000)
```

4.10. Ciklusi za izradu navoja

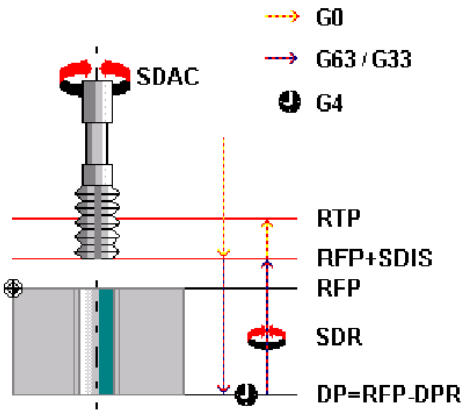
Kod software-a **SINUMERIK 840D** postoje tri načina izrade navoja:



With comp chuck <F1>
Rigid taping <F2>
Thread milling <F3>

4.10.1. With comp chuck <F1> urezivanje navoja pomoću stezne glava bušilice - amerikaner CYCLE 840

Pozivom ciklusa 840 za urezivanje navoja otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima.



Cycle params:	CYCLE840	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Dwell time	DTB	0.
Direction of	SDR	3
Dir. of rot.	SDAC	4
Operation	ENC	1
Thread lead	MPIT	0.
Thread lead	PIT	0.

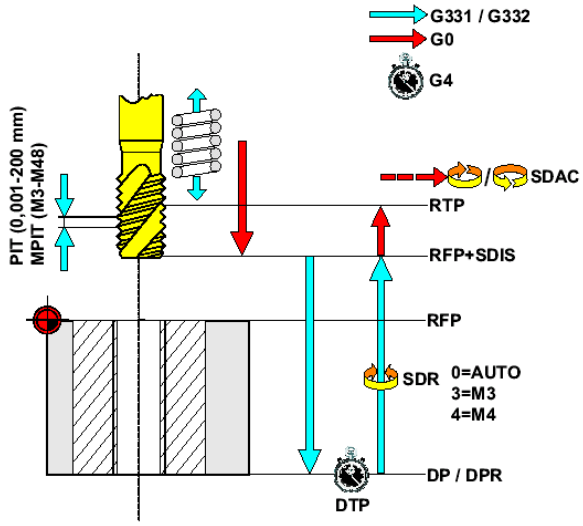
Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa.

Rectract plane **RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane **RFP -** referentna površina
Safety distance **SDIS -** sigurnosno odstojanje
Depth, apsolute **DP -** ukupna dubina bušenja
Depth increment **DPR -** površina do koje se buši od referentne površine
Dwell time **DTB -** vrijeme čekanja na dnu rupe u sekundama
Direction of **SDR -** smjer vratila za povrat
Dir. of rot. **SDAC -** smjer vratila po završetku ciklusa
Operation **ENC -** upotreba enkodera
Thread lead **MPIT -** korak navoja u nominalnoj vrijednosti (3 za M3, 24 za M24)
Thread lead **PIT -** korak navoja u mm (od 0.001 do 2000 mm)

Spindle **D**irection for **R**etraction - 0 –automatska promjena pravca, 3 – desno, 4 – lijevo
ENCoder - 0 – ipotreba enkodera, 1 – bez upotrebe enkodera

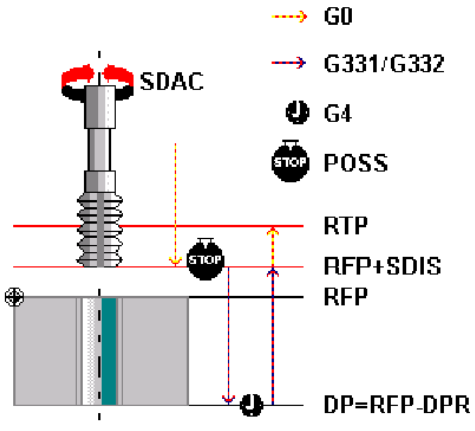
Rad ciklusa navoja na stroju:

- Prije izvršenja ciklusa alat mora biti pozicioniran iznad rupe
- Približavanje rupi u brzom hodu
- Urezivanje navoja do određene dubine sa programiranom brzinom
- Stanka na dnu rupe
- Promjena smjera vrtnje zbog SDR
- Povratak na sigurnosno odstojanje
- Odmicanje do povratne površine u brzom hodu
- Namještanje pravca vratila SDAC



4.10.2. Rigid taping <F2> urezivanje navoja CYCLE 84

Pozivom ciklusa 84 za urezivanje navoja otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima.



Cycle params:	CYCLE84	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Fin.dr.depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Dwell time	DTB	0.
Dir. of rot.	SDAC	3
Thread lead	MPIT	-48.
Thread lead	PIT	-2000.
Spindle pos.	POSS	0.
Speed	SST	0.
Speed retr.	SST1	0.

Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa.

Rectract plane	**RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane	**RFP -** referentna površina
Safety distance	**SDIS -** sigurnosno odstojanje
Depth, apsolute	**DP -** ukupna dubina bušenja
Depth increment	**DPR -** površina do koje se buši od referentne površine
Dwell time	**DTB -** vrijeme čekanja na dnu rupe u sekundama
Dir. of rot.	**SDAC -** smjer vratila po završetku ciklusa
Thread lead	**MPIT -** korak navoja u nominalnoj vrijednosti (3 za M3, 24 za M24)
Thread lead	**PIT -** korak navoja u mm (od 0.001 do 2000 mm)
Spindle position	**POSS -** točna pozicija vretena u koju dolazi prije izvršenja ciklusa Speed
	SST - brzina vretena kod narezivanja
Speed retr.	**SST1 -** brzina povrata

Spindle **D**irection for **R**etraction - 3 – desno, 4 – lijevo, 5 - stop
ENCoder - 0 – ipotreba enkodera, 1 – bez upotrebe enkodera

Rad ciklusa navoja na stroju:

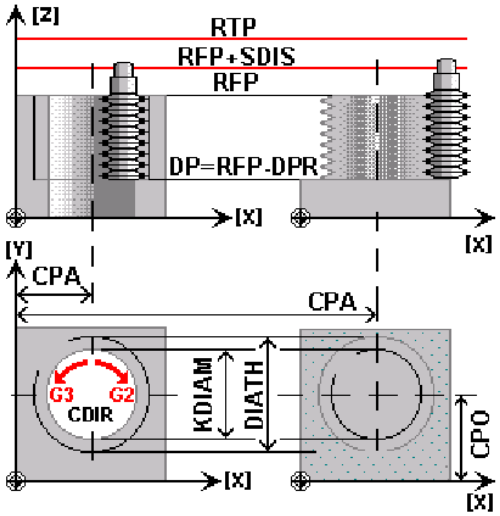
- Prije izvršenja ciklusa alat mora biti pozicioniran iznad rupe
- Približavanje rupi u brzom hodu
- Točna pozicija vretena
- Urezivanje navoja do određene dubine sa programiranom brzinom
- Stanka na dnu rupe
- Promjena smjera vrtnje
- Povratak na sigurnosno odstojanje
- Odmicanje do povratne površine u brzom hodu
- Namještanje pravca vratila SDAC

Primjer ispisa u NC programu izgleda npr:

4.10.3. Thread milling <F3> glodanje navoja CYCLE 90

```
N200 CYCLE84(5,0,3,-8,0,0,3,0,1,0,500,800)
```

Pozivom ciklusa 90 za urezivanje navoja otvara se tablica ciklusa sa njegovim parametrima.



Cycle params:	CYCLE90	
Retract plane	RTP	0.
Ref. plane	RFP	0.
Safety dist.	SDIS	0.
Thread depth	DP	0.
Depth incr.	DPR	0.
Nominal diam.	DIATH	0.
Core-h.diam.	KDIAM	0.
Thread lead	PIT	0.001
Feedrate	FFR	0.001
Mill. direct.	CDIR	2
Thread type	TYPTH	0
Center point	CPA	0.
Center point	CPO	0.

Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički opis ciklusa.

Rectract plane	**RTP -** povratna površina (površina u koju se vraća alat)
Referent plane	**RFP -** referentna površina
Safety distance	**SDIS -** sigurnosno odstojanje
Depth, apsolute	**DP -** ukupna dubina bušenja
Depth increment	**DPR -** površina do koje se buši od referentne površine
Nominal diameter	**DIATH -** vanjski promjer za unutarnje i vanjske navoje
Core-h diameter	**KDIAM -** vanjski promjer za unutarnje i vanjske navoje
Dwell time	**DTB -** vrijeme čekanja na dnu rupe u sekundama
Dir. of rot.	**SDAC -** smjer vratila po završetku ciklusa
Thread lead	**MPIT -** korak navoja u nominalnoj vrijednosti (3 za M3, 24 za M24)
Thread lead	**PIT -** korak navoja u mm (od 0.001 do 2000 mm)
Spindle position	**POSS -** točna pozicija vretena u koju dolazi prije izvršenja ciklusa
Speed	**SST -** brzina vretena kod narezivanja
Speed retr.	**SST1 -** brzina povrata

Spindle **D**irection for **R**etraction - 3 – desno, 4 – lijevo, 5 - stop
ENCoder - 0 – ipotreba enkodera, 1 – bez upotrebe enkodera

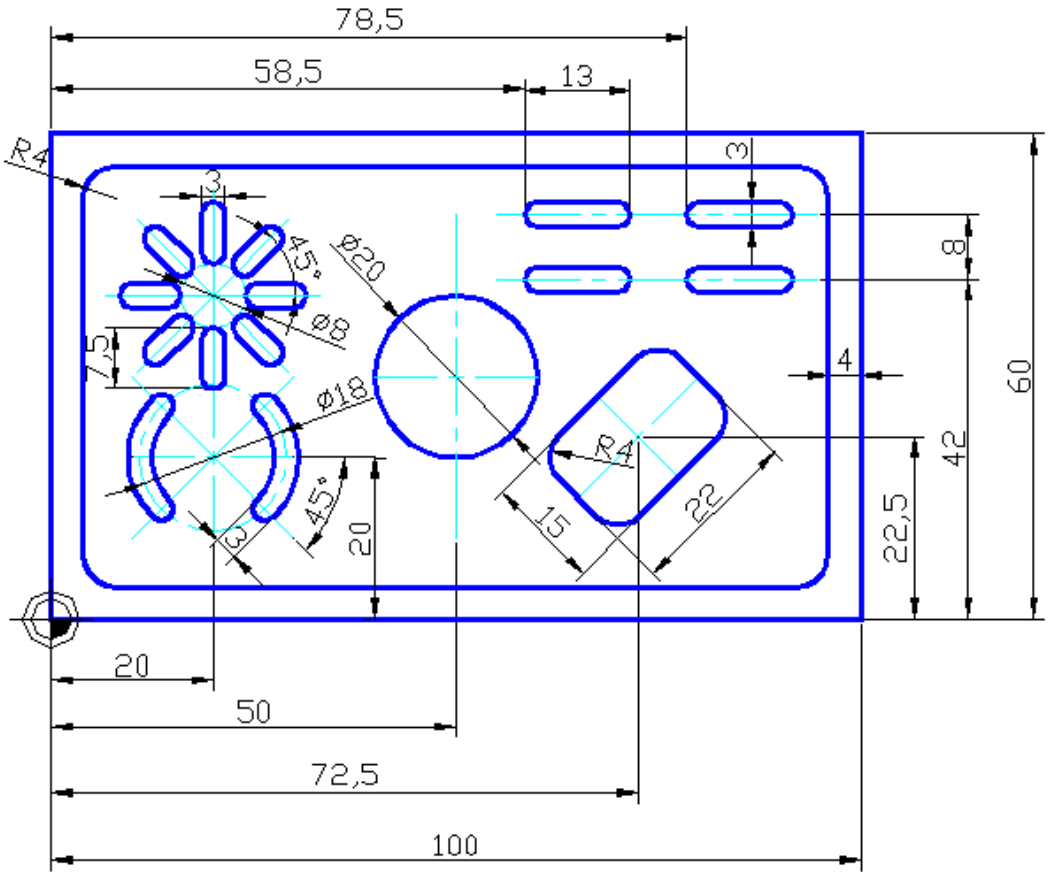
Rad ciklusa navoja na stroju:

- Prije izvršenja ciklusa alat mora biti pozicioniran iznad rupe
- Približavanje rupi u brzom hodu
- Točna pozicija vretena
- Urezivanje navoja do određene dubine sa programiranom brzinom
- Stanka na dnu rupe
- Promjena smjera vrtnje
- Povratak na sigurnosno odstojanje
- Odmicanje do povratne površine u brzom hodu
- Namještanje pravca vratila SDAC

4.10.4. vježba 5. Ciklusi glodanja

Zadatak:

Na osnovi crteža ploče sa utorima napisati program za izradu, ako su dubine svih utora (džepova) jednake 4mm. Izvršiti simulaciju programa. Za sve oblike utora koristiti funkcije ciklusa glodanja.

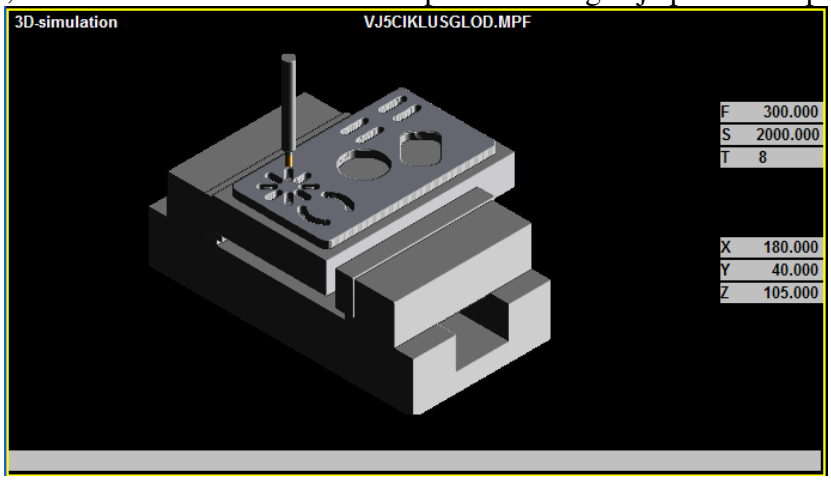


Uputa:

Analizom slike zaključujemo:
- postoji 6 različitih operacija ciklusa glodanja

1. glodanje konture (Cycle 72)
2. utori na kružnici (SLOT1)
3. kružni utori (SLOT2)
4. kružni džep (POCKET2 ili POCKET4)
5. pravokutni džep (POCKET1 ili POCKET3)
6. paralelni duži utor (LONGHOLE)

- koristimo 2 alata, npr. T7 (vretenasto glodalo ϕ8) – za operacije 1,4,5 i T8 (vretenasto glodalo ϕ3) – za operacije 2,3,6.
- za 4 paralelna utora koristimo funkciju ciklusa LONGHOLE sa parametrima NUM=1,RAD=0,STA1=0.Za svaki utor moramo postaviti drugačije parametre početne točke.

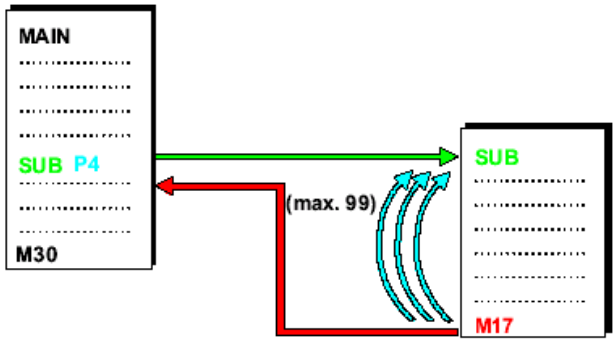


Vježba br. 5. Ciklusi glodanja

Red. br.	Funkcije programa	Napomena
N10		
N20		
N30		
N40		
N50		
N60		
N70		
N80		
N90		
N100		
N110		
N120		
N130		
N140		
N150		
N160		
N170		
N180		
N190		
N200		
N210		
N220		
N230		
N240		
N250		
N260		
N270		
N280		
N300		

4. 11. Potprogrami

Potprogrami su, kao što smo vidjeli kod tokarenja, dijelovi glavnog programa koji se mogu više puta ponoviti i umetnuti u glavni program. Pišu se odvojeno (na kraju glavnog programa) u posebnim blokovima (**Programs / Subprograms**), imaju svoj



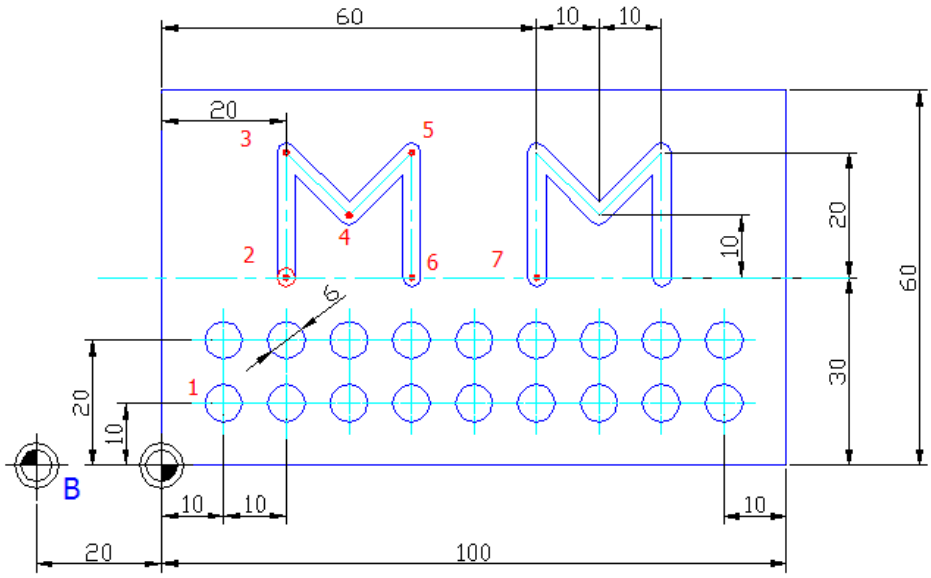
naziv, a pozivaju se u glavni program naredbom P. Broj uz slovo P znači broj izvršenja potprograma u glavnom programu.
Potprogram završava naredbom M17.

Ovakvim načinom programiranja , kada se ponavljaju određene operacije, znatno se ubrzava programiranje.
Na slijedećem primjeru detaljno ćemo objasniti kako se to radi.

4.11.1. vježba br. 6 Izrada potprograma

Zadatak:

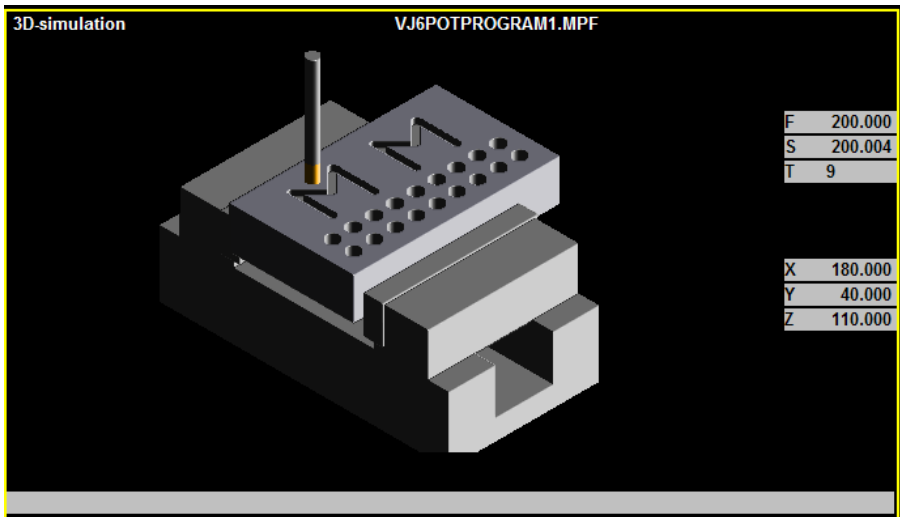
Na osnovi tehničkog crteža, napisati potprogram za izradu pločevine. Koristiti funkcije potprograma i funkcije ciklusa HOLES 1 za izradu provrta.
Izradu provrta napisati u nekoliko varijanti i izvršiti simulaciju. Dati će se moguća rješenja a potrebna je detaljna analiza programa i opis pojedinih blokova pod napomenom u programskom listu.



Uputa:

- prvo izraditi 2 slova M dubine 3mm
- u prvoj varijanti izrade provrta koristiti funkciju ciklusa HOLES1 i modalni poziv MCALL. Dubina svih provrta neka bude 12 mm. Za bušenje koristiti vretenasto glodalo ϕ8 mm (vidi str. x)
- u drugoj varijanti izraditi potprogram za bušenje provrta ϕ8 po redovima

- u trećoj varijanti izraditi potprogram za bušenje provrta ϕ8 u stupcima



1. varijanta izrade utora

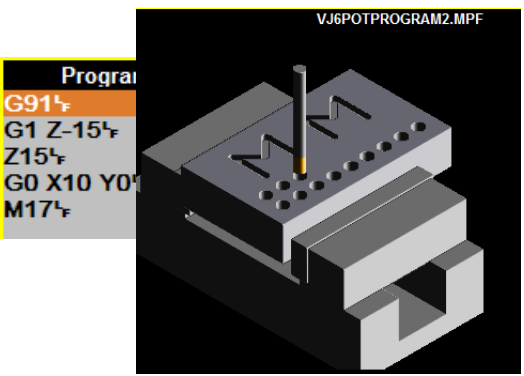
```
Program editor:  VJ6POTPROGRAM1.MPF
G54
TRANS X0 Y-60 Z10
T8 D1 M6 M3
S2500 F200
G0 X-20 Y0 Z50;
X20 Y30 Z3
G1 Z-3
SLOVOM P1
G90
G0 X60 Y30
G1 Z-3
SLOVOM P1
G90
G0 X-20 Y0 Z50
M5
T9 D1 M6 M3
S1500 S100
MCALL CYCLE81(5,0,3,-12,0)
HOLES1(10,10,0,0,10,9)
HOLES1(10,20,0,0,10,9)
MCALL
G0 X-20 Y0 Z50
M30
```

```
Program editor:  SLOVOM.SPF
G91
G1 X0 Y20
 X10 Y-10
X10 Y10
X0 Y-20
Z6
M17
```

2. varijanta izrade utora po redovima

```
Program editor:
54
TRANS X0 Y-60 Z10
T8 D1 M6 M3
S2500 F200
G0 X-20 Y0 Z50;
X20 Y30 Z3
G1 Z-3
SLOVOM P1
G90
G0 X60 Y30
G1 Z-3
SLOVOM P1
G90
G0 X-20 Y0 Z50
M5
T9 D1 M6 M3
S1500 F100
REDOVI P1
G90
G0 X-20 Y0 Z50
M30
```

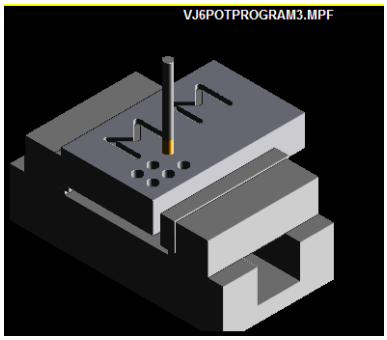
```
Program editor:  REDOVI.SPF
G0 X10 Y10 Z3
PROVRT6 P9
G90
G0 X10 Y20
PROVRT6 P9
M17
```



3. varijanta izrade utora po stupcima

```
Program editor:  VJ6POTPROGRAM3.MPF
54
TRANS X0 Y-60 Z10
T8 D1 M6 M3
S2500 F200
G0 X-20 Y0 Z50;
X20 Y30 Z3
G1 Z-3
SLOVOM P1
G90
G0 X60 Y30
G1 Z-3
SLOVOM P1
G90
G0 X-20 Y0 Z50
M5
T9 D1 M6 M3
S1500 F100
G0 X10 Y10 Z3
STUPAC P9
G90
G0 X-20 Y0 Z50
M30
```

```
Program editor:  STUPAC.SPF
G91
G1 Z-15
Z15
G0 X0 Y10
G1 Z-15
Z15
G0 X10 Y-10
M17
```



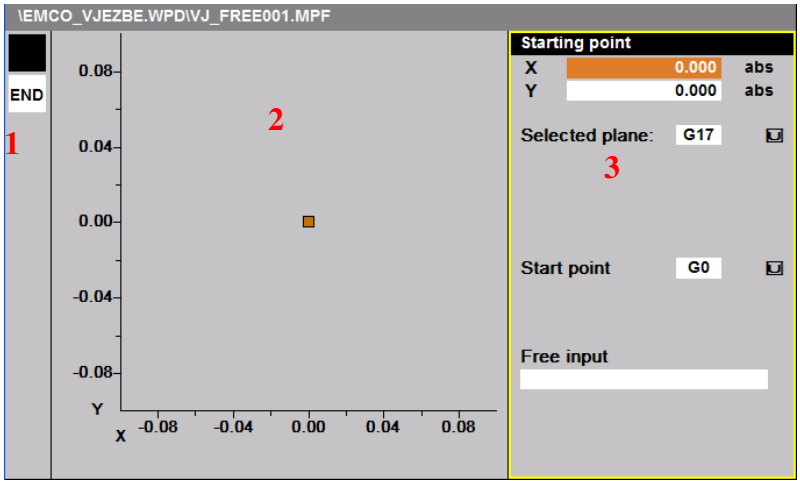
Vježba 6. Izrada potprograma - Ispis programa

Red. br.	Funkcije programa	Napomena
10	G54	Pomak nul točke na čelo nepomične čeljusti škripca

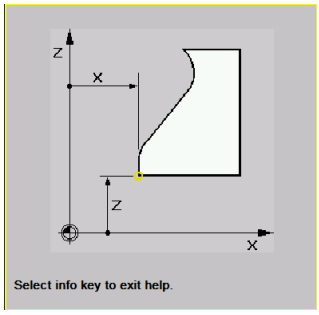
4. 12. Programiranje slobodnih kontura (Free contour programming)

Aktiviranjem opcije **Support** – **New contour** otvara se prozor sa slike.
Prozor je podijeljen u tri područja.

1. Programirani elementi konture
2. Grafički prikaz programiranih elemenata
3. Prozor za programiranje

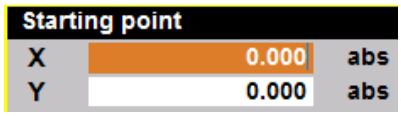


Aktiviranjem tipke «***info***» prikazuje se grafički aktivna programirana vrijednost.

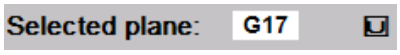


Određivanje početne pozicije (startne točke)

Upisivanjem vrijednosti konture najprije se određuje startna točka. Vrijednosti se upisuju u apsolutnom iznosu – (programiranje pod **G90**).



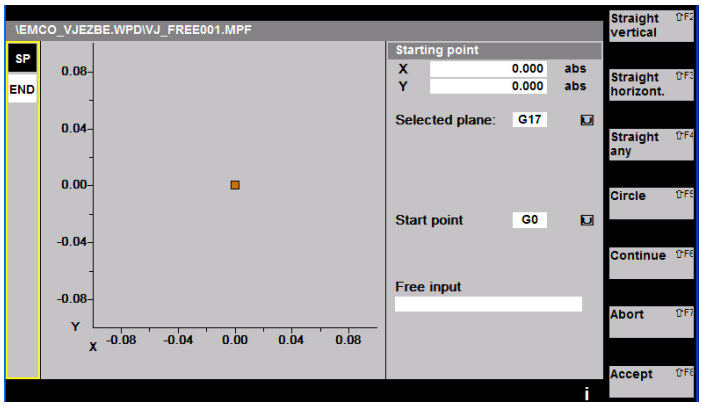
Prozor za programiranje nudi i izbor radne površina **G17**, **G18** ili **G19**.



Također se određuje i način prilaza startnoj točki **G0** ili **G1**.

Odabirom **Starting point** X i Y (koordinate startne pozicije) te njihovim potvrđivanjem **Accept element** <F8>, otvara se novi prozor

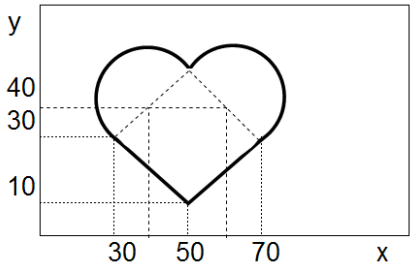
U prvom dijelu prozora dodan je element **S**tart **P**oint koji definira startnu točku. Ona se može preprogramirati (dodijeliti nove koordinate X i Y) dvostrukim «klikom» na desnu tipku miša.



Vertikalnim funkcijskim tipkama određujemo smjer slijedećeg elementa:

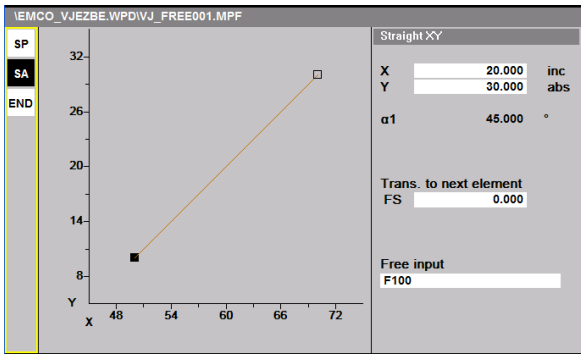
- **Straight verticaly** - pravocrtno vertikalno <F2>
- **Straight horizontaly** - pravocrtno horizontalno <F3>
- **Straight any** - pravocrtno bilo gdje (kosine) <F4>
- **Circle** - kružnice <F5>
- **Continue** - nastavi <F6>
- **Abort** - poništi <F7>
- **Accept** - prihvati <F8>

Neka naš izradak koji želimo nacrtati u ovom modu ima izgled srca prema slici.

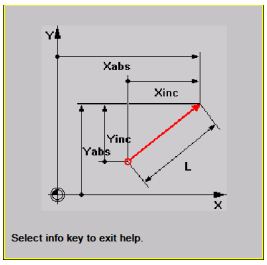


Nakon definiranja početne točke (koordinate X50, Y10) pristupa se crtanju kose crte.

KOSA CRTA - Odabirom <F4> crta se kosina.
X i Y koordinate se upisuju u apsolutnoj vrijednosti.
Moguće je upisivanje inkrementnih vrijednost nakon aktiviranja tipke **Alternative** <F2>.
Automatski se ispisuje vrijednost kuta □**1**.
Trans to next element je opcija prijelaza na slijedeći element.
Mogućnosti su: **FS** – zakošenje ili
R– radijus.
Pojavljuje se element **SA** - Straight Anywere
U prozor **Free input** dozvoljeno je pisanje dodatnih dopunskih parametara (npr posmak, …).



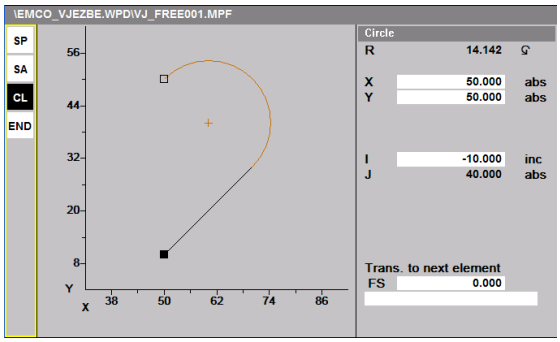
Grafički prikaz funkcije vidi se u novom prozoru po aktiviranju tipke «info»



Slijedeći element crtanja je kružni luk koji se crta pozivom opcije Circle.

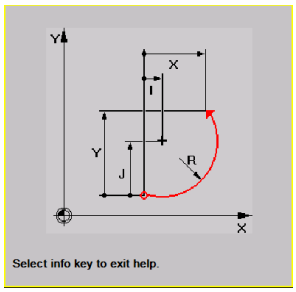
KRUŽNICA - Odabirom <F5> crta se kružnica odnosno luk. Moguće je upisati **R** – radijus, **X** i **Y** koordinate točke u koju se treba doći te **I** i **J** koordinate središta kružnice

Također se nudi opcija **Trans to next element** -prijelaz na slijedeći element sa mogućnostima: **FS** – zakošenje ili **R** – radijus.



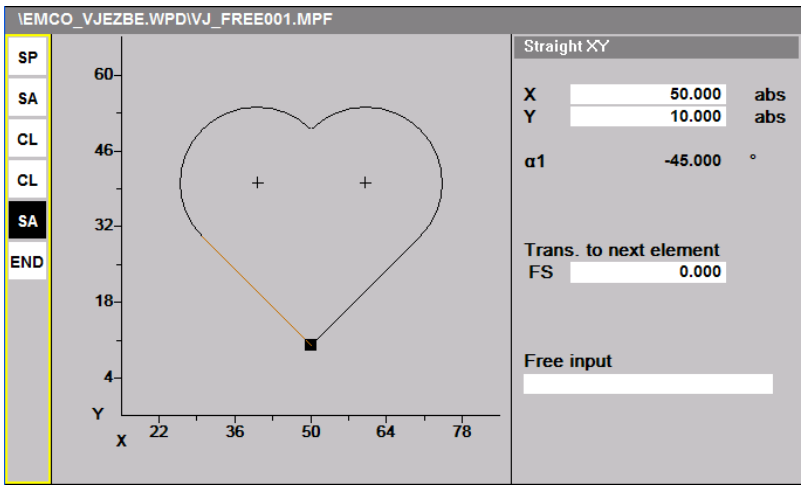
Grafički prikaz funkcije vidi se u novom prozoru po aktiviranju tipke «info»

Prema prikazu za kose linije i kružnice odvija se i programiranje ostalih elemenata.

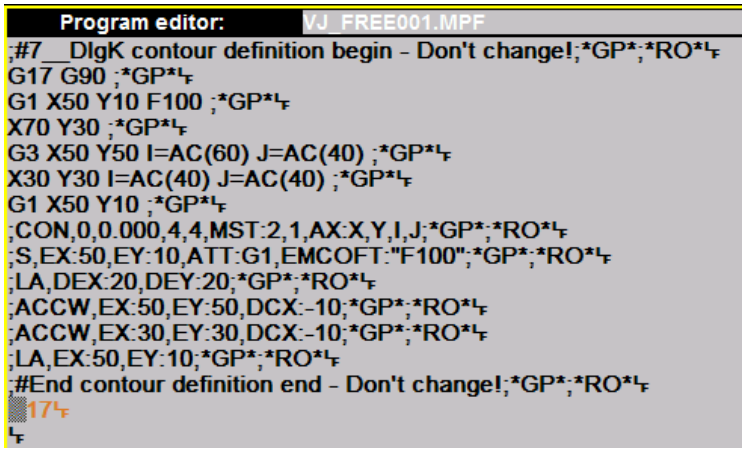


Po završenom programiranju u Free contour opciji dobiva se gotova kontura po kojoj će ići obrada.

Nakon prihvaćanja izgleda konture tipkom **Accept** program se vraća u editor.



Free contour završava sa naredbom **M17** - znači da je pisan za podprograme.
Brisanjem naredbe M17 može se koristiti kao dio glavnog programa.
Zatvaranjem crtanja konture (Close) možemo vidjeti ispis potprograma konture.
Izvršiti simulaciju izrade nacrtane konture! (vidi str.X)



4.13. Određivanje nul točke (W) kod glodalice

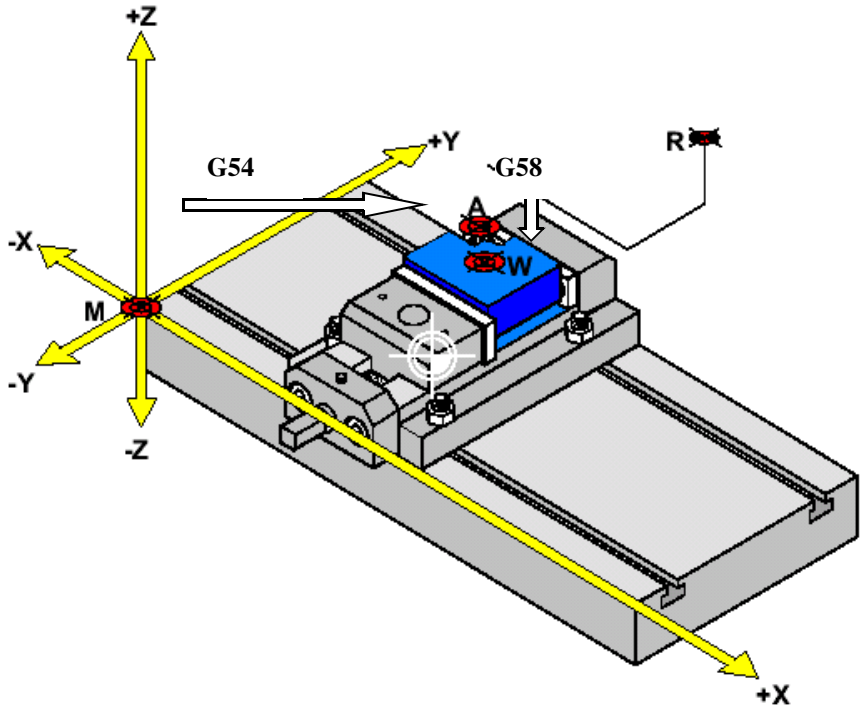
Kod rada na stroju jedna od prvih radnji, kako smo naučili (vidi poglavlje 3.18.), je definiranje nul točke izratka u kome se nalazi središte koordinatnog sustava. Ta točka se smješta na samom izratku prema potrebi a ovisi o geometriji izratka. Kod simetričnih izradaka točka W je obično u sredini izratka a kod nesimetričnih, točka W se nalazi obično u donjem lijevom kutu izratka.

Funkcijom G54(G55-G57) najčešće prebacujemo točku M (strojna nul točka) na čelo nepomične čeljusti škripca (pomoćna točka A – vidi sl. 17), a zatim nekom od funkcija pomaka (G58-G59) ili TRANAS (ATRANS) na traženu poziciju na samom izratku. Ovaj zadnji pomak se programski napiše.

Npr. N10 G54 – definiramo položaj nul točke na čelu nepomične čeljusti škripca (podaci o koordinatama pomoćne točke A nalaze se u registru za nul točke – *Parameter/Workoffset*)

N20 G58 X50 Y-30 Z5 - ovim blokom prebacujemo nul točku na povoljniju

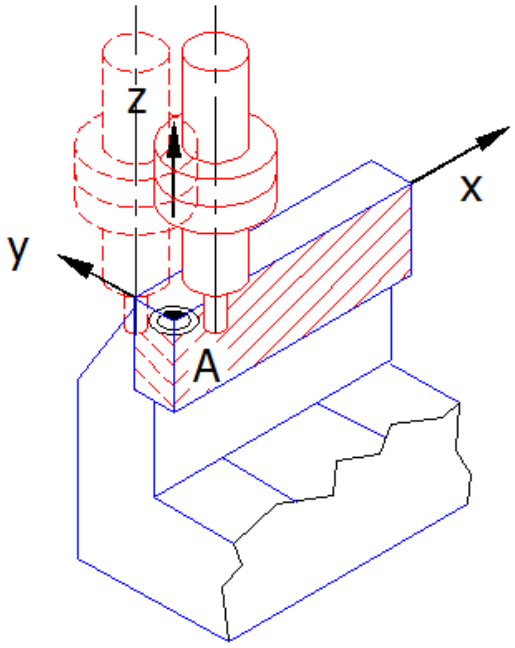
Ili N20 TRANS X50 Y-30 Z5 poziciju na samom izratku radi lakšeg pisanja programa



Sam postupak određivanja pomoćne nul točke A pomoću kutnog senzora (etalona) sastoji se u slijedećem:

1. postaviti etalon za mjerenje nul točke u vretenište stroja i uključiti vrtnju (max 500 o/min – napisati program za brzinu u MIDI modu)
2. sa preklopnikom u JOG modu približiti vrh senzora do nepomične čeljusti škripca po Xosi (reducirati posmak INC10)
3. kada se pomični dio senzora potpuno centrično vrti (procjena) zabilježimo koordinatu X u registar za nul točku G54(Workoffset). Pri tom moramo oduzeti polumjer vrha senzora (2mm).

4. na sličan način dovodimo vrh senzora i dodirujemo drugu nepomičnu čeljust škripca po osi Y i upisujemo koordinatu u registar za nul točku G54 (Workoffset)
5. koordinatu po osi Z najlakše i najtočnije ćemo dobiti tako da sa čelom glavnog vretena (bez vrtnje) dodirnemo gornju čeljust škripca (točku N dovodimo u točku A). Pri tome reduciramo posmak i postavimo ispod čela glavnog vretena papir pa kad se on zaglavi očitamo koordinatu po osi Z.



Ova koordinata može nam poslužiti i za mjerenje alata na taj način da postavimo alat u vretenište stroja pa vrhom alata (bez vrtnje) dodirnemo gornju nepomičnu čeljust škripca. Razlika između trenutne koordinate vrha alata i visine škripca (os Z točke A) je tražena korekcija alata koja se upisuje u registar za alate (Tooloffset). U slijedećem poglavlju objasnit ću kako se mjere alati pomoću komparatora ili senzora za mjerenje.

4.14. Mjerenje i korekcija alata kod glodanja

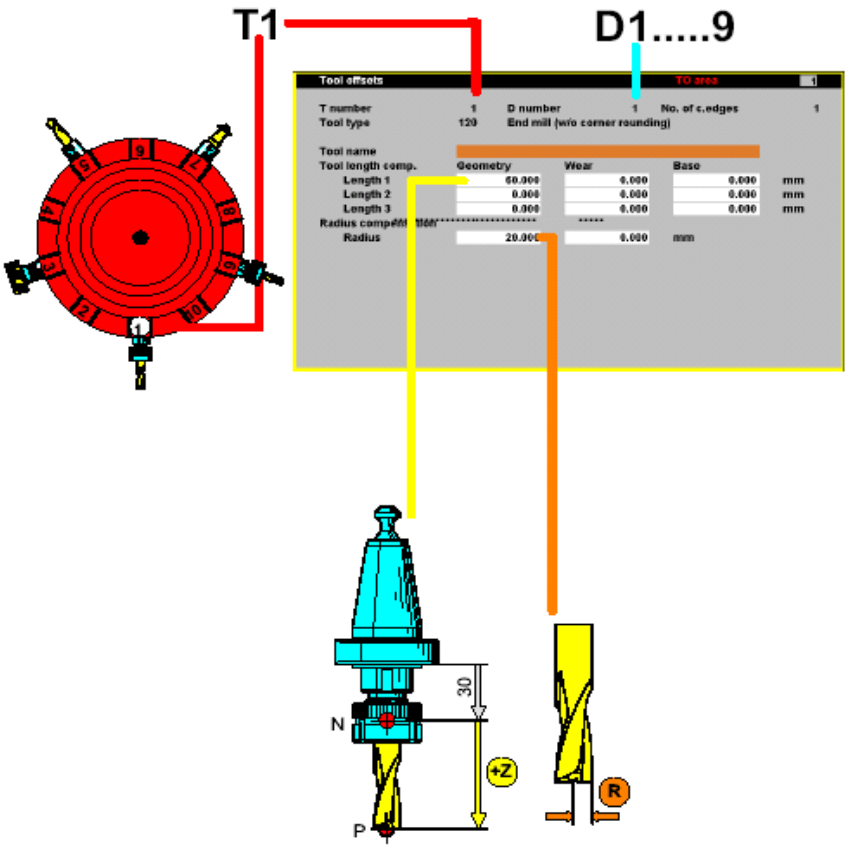
Sve što je u rečeno za mjerenje i korekciju alata kod tokarenja vrijedi i za glodanje. Kod glodanja je postupak mjerenja nešto jednostavniji jer se mjeri samo visina oštrice alata po osi Z do referentne točke alata F(N). Podaci o izmjerenim alatima unose se u bazu podataka pod **Parameter/Tooloffset**. Izgled i opis funkcijskih tipki za Tooloffset nalaze se na stranici X.

Za planirani rad moraju se odabrati potrebni alati te se u bazu podataka alata trebaju upisati potrebne dimenzije.

Čelo alata ja od referentne točke držača alata **N** udaljeno za duljinu +Z i time se dobiva korektivna točka **P**. (slika)

Alat je definiran i svojim polumjerom R.

Vrijednosti duljine Z i polumjera R upisuju se u bazu podataka za odabrani alat T (slika) pod **Parameter**, **Tool offset**

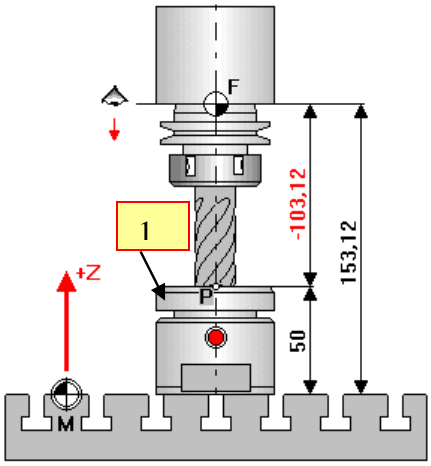


Smjer dužine korekcije L1

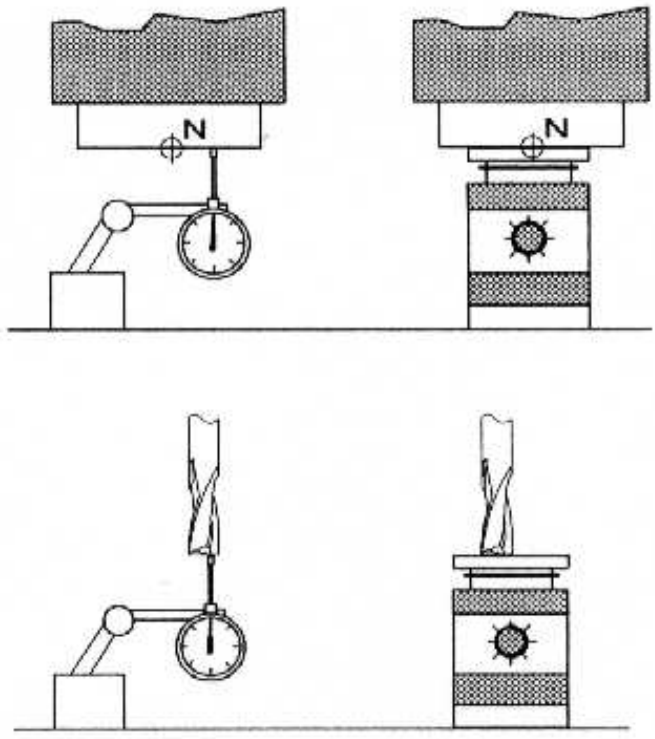
Smjer korekcije alata ovisi o aktivnoj ravnini glodanja G17-G19.
G17 – glavna primjena za vertikalno glodanje (Mill 55, Mill105..)
L1 – u Z osi
R – u XY ravnini
G18 – glavna primjena za horizontalno glodanje i kada se koristi kutna glava
L1 – u Y osi
R – u ZX ravnini
G19 – rad sa kutnom glavom
L1 – u X osi
R – u YZ ravnini

4.13.1. Redoslijed mjerenja alata

1. učvrstiti na radni stol senzor za mjerenje (1) ili komparator (mjernu uru)
2. izabrati JOG mod
3. dovesti čelo vreteništa (F) na senzor/mjernu uru, postaviti kazaljku komparatora na 0.
4. pozvati registar alata –Parameter/Tooloffset
5. pritisnuti funkcijsku tipku DETERMINE COMPENSA
6. u polju «Reference» izabrati os Z
7. prihvatiti poziciju čela vreteništa sa OK



8. unesti vrijednost Length 1 u polje «Reference dimensions» kao «reference value»(poz. čela vreteništa)
9. postaviti u vreteništе alat koji će se mjeriti, npr. T1
10. dovesti vrh alata (P) na senzor ili ticalo komparatora. Pozicionirati kursor na Length 1 (kontrolirati T broj alata u Tooloffset)
11. pritisnuti «Determine compensa», izabrati os Z i pritisnuti OK. Dužina alata je spremljena pod L1.
12. izabrati slijedeći alat koji će se mjeriti (T2) i ponoviti radnje od koraka 10. i tako za sve alate.



4.14. Rad na stroju, izbor programa, kontrola programa

Sve što je rečeno za radnje vezane za samu izradu na stroju kod tokarenja, vrijedi i za glodanje (vidi stranice 123-124). Kod strojne izrade potrebno je prvo prekontrolirati (testirati) program pomoću «Dry run feedrate» i bez izratka. Naročitu pažnju posvetiti pravilnom izboru režima rada.

14.15. Testiranje stroja – DRY RUN mod

Nakon grafičke simulacije gdje provjeravamo korektnost ispisa programa, moramo testirati program u Dry run modu, tj. bez izratka sa reduciranim posmakom i bez rotacije glavnog vretena. Ovim testiranjem provjeravamo:

- da li je nul točka (W) korektno programirana – G54
- da li su alati dobro izabrani i izmjereni
- da li se promjena alata zbiva dovoljno daleko od izratka

1. izabrati AUTO mod
2. izabrati odgovarajući program (broj programa)
3. uključiti Dry run mod
4. uključiti SBL (Single Block) mod
5. preklopnik za posmak staviti na nula
6. startati sa prvim blokom
7. prebaciti preklopnik na mali posmak (vraćajući preklopnik na 0 možemo izbjeći kritične situacije
8. startati sa slijedećim blokom i opetovano kontrolirati pomake alata

Ovaj test uvelike izbjegava moguće pogreške i ozbiljna oštećenja na samom stroju ili alatu u slučaju sudara.

14. 16. Testiranje stroja u SBL modu

Nakon testiranja u Dry run modu još se neke stvari moraju provjeriti:

- da li je brzina vrtnje i smjer vrtnje korektno programirana
- da li su zadovoljavajuće programirani pomaci alata
- da li se pojavljuju odstupanja konture zbog oštrice alata

Ovi zahtjevi se provjeravaju u automatskom modu sa učvršćenim izratkom i radu sa pojedinačnim blokovima

Upozorenje: Dry run mora se isključiti u kontroli programa (PROGRAMME CONTROL)

1. preklopnik na Automatski mod (AUTO)
2. provjeriti program koji se testira (broj, naziv)
3. uključiti na upravljačkoj jedinici Single Block
4. staviti preklopnik za posmak na nula
5. startati sa prvim programskom blokom
6. postaviti preklopnik na malu vrijednost posmaka (6-10%)
7. provjeravati korektnost programiranja brzine vrtnje i pomaka

Ovakav način provjere garantira uspješno puštanje programa u automatskom modu bez bojazni od oštećenja. Tako rade i profesionakci!

DODATAK

U ovom poglavlju dat će se neke smjernice za izbor režima rada (tablice), za Al kao i za druge materijale. Također će se dati tablice za izbor Metričkog navoja (vanjski i unutarnji), jer su nam ti podaci potrebni za pravilan izbor parametara kod izrade navoja.
Tu će se naći i drugi korisni podaci za samo programiranje (predložena dokumentacija za CNC programiranje, izrađeni kompletni primjeri za tokarenje i glodanje, kao i ponuđeni primjeri izrade).

Promjer izratka D (mm)

Promjer izratka naravno moženo i izračunati iz osnovne formule $v=D\pi n/1000$

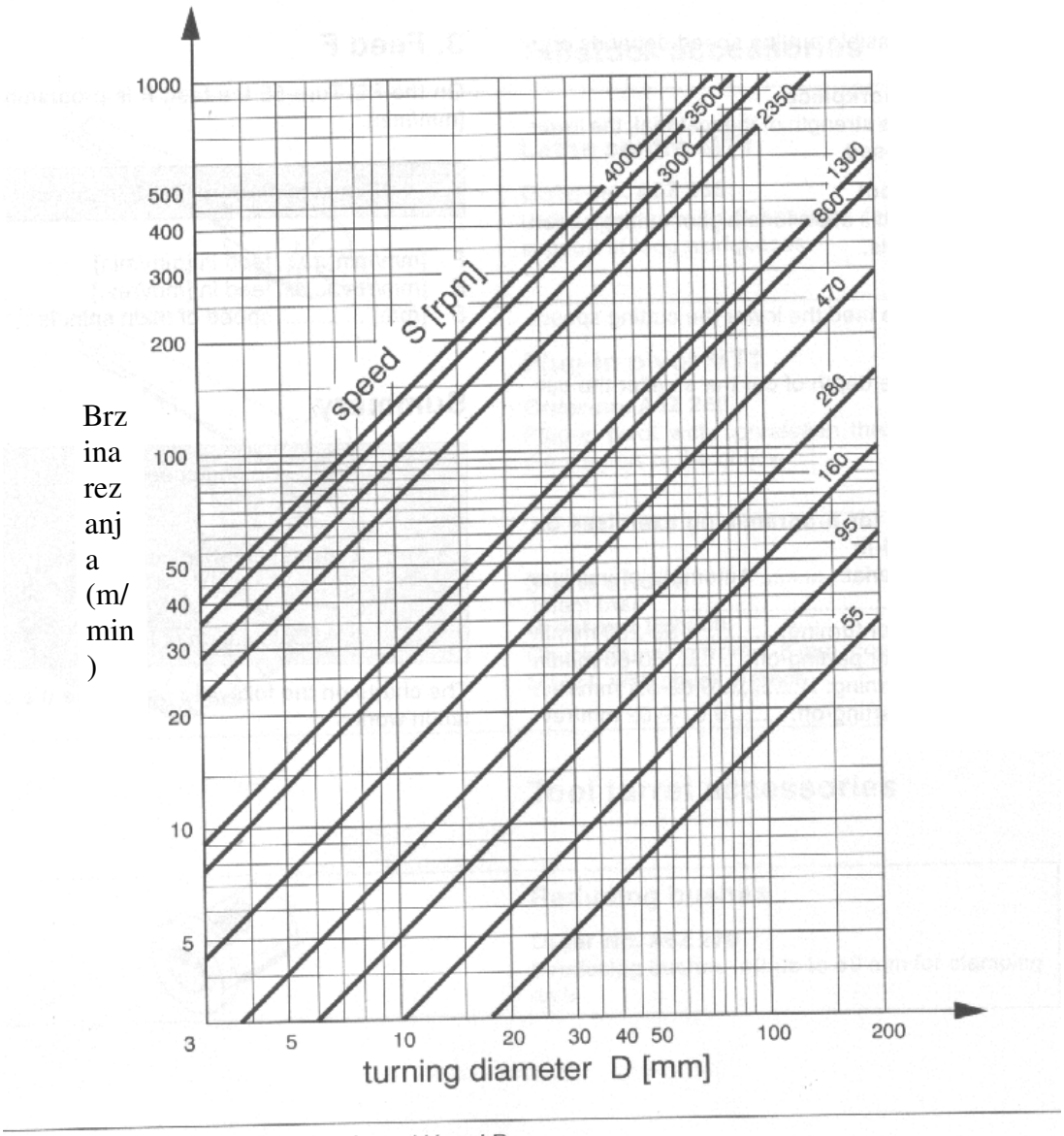
PRIMJER

Poznato:

- promjer izratka …….D = Φ50
- brzina rezanja …….. v = 150 m/min

Traži se:

- broj okretaja gl. vretena ..S=1300 o/min



ıding the spindle speed S with selected V and D

5.2. Pronalaženje brzine rezanja v (mm/min)

Posmak mm/min ja glavnog vretena (o/min)

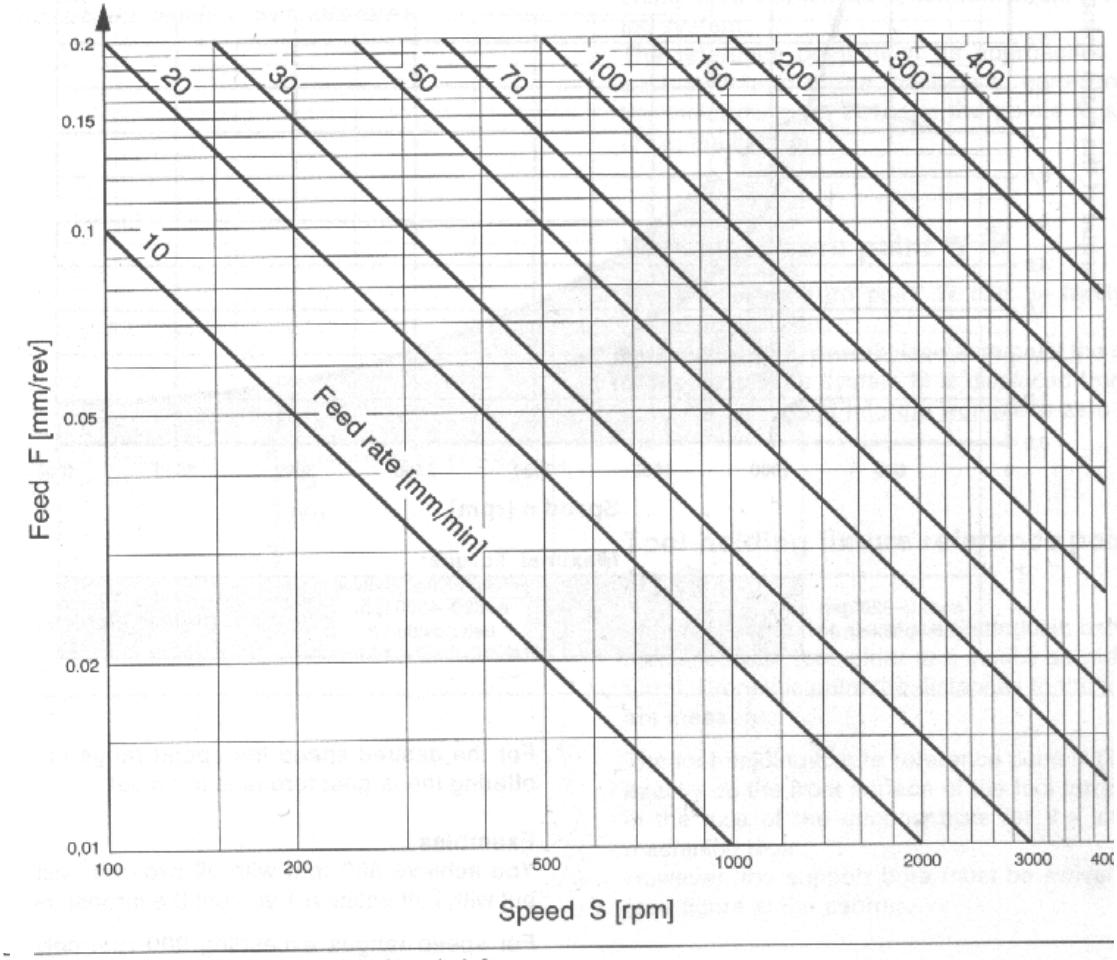
Pos
ma
k
(m
m/o
)

ıto:
Broj okretaja gl. vretena . S=1700o/min
posmak ……F=0.06 mm/o

se:
posmak ……... F=cca.100mm/min

You know
- main spindle speed ..... S=1700 rpm
- feed ..... F=0,06 mm/rev.

You want to know
- feed speed .....F=approx. 100mm/min



ıding the feed F of [mm/rev] in [mm/min]

RIMJER

ɔznato:
Broj okretaja (o/min)
promjer alata ……. D = Φ8
brzina rezanja …… v = 44 m/min

se:
broj okretaja gl. vretena

Promjer alata (mm)

Determination of the speed S during milling and drilling

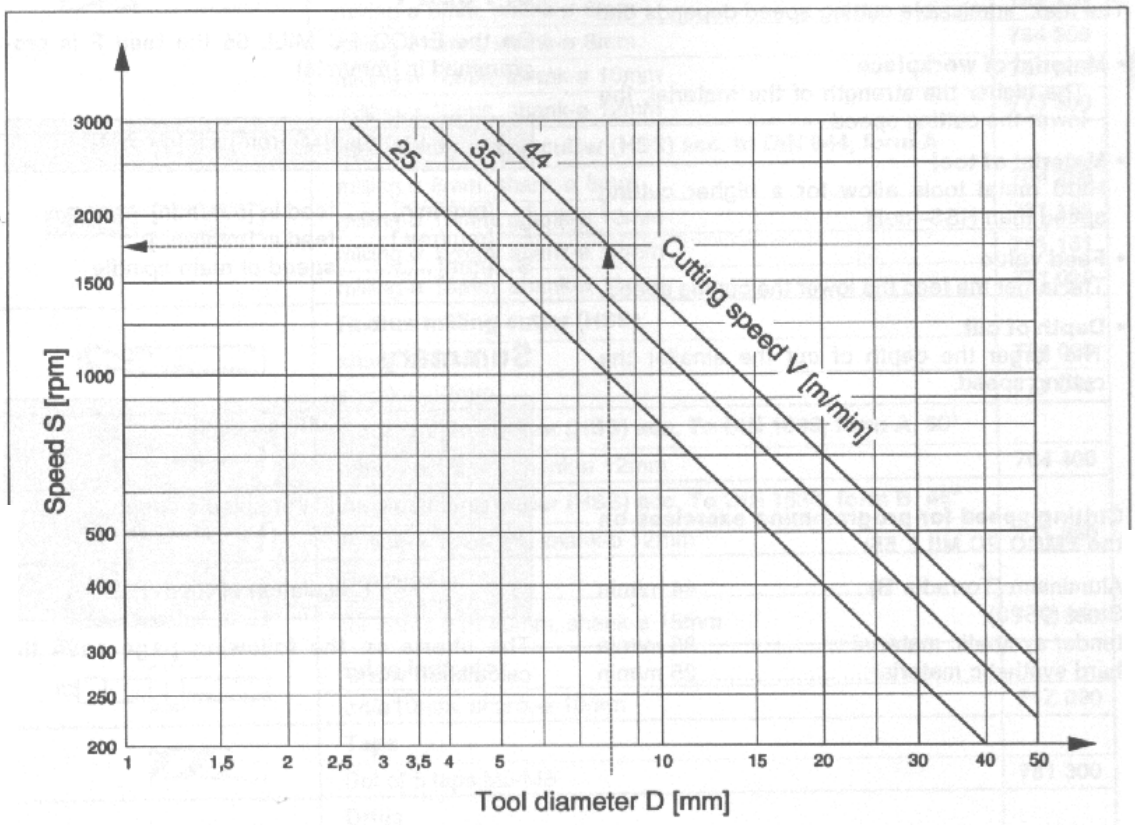
Example:

You know:

- tool diameter ..... D = ø8 mm
- cutting speed ..... V = 44 m/min

You want to know:

- speed S in [rpm]



Determination of the speed

Solution:

speed ..... S = 1

Du bin a rez anj a t (mm) za Al (Tor rad ur B)

aterijal izratka …….. Torradur B
omjer glodala …….. D=Φ12 mm
smak ……F=70 mm/min

bina rezanja ……. t u mm

PRIMJER

Poznato:

- materijal izratka ..čelik za au 9S20
- promjer glodala ……D=Φ32
- dubina rezanja …….. t = 0.5

Traži se:

- posmak …….. F u mm/

Du bin a rez anj a t (mm) za čeli ke za aut om ate 9S2 0

posmak (mm/min)

Rješenje:

dubina rezanja t = 6 mm posmak F = 50 mm/min

Determination of the cutting depth t during milling

Example:

You know:

- workpiece material ..... Torradur B
- diameter of milling cutter..... D = ø12 mm
- feed speed .....F = 70 mm/min

You want to know:

- cutting depth t in [mm]

Determination of the feed speed F during milling

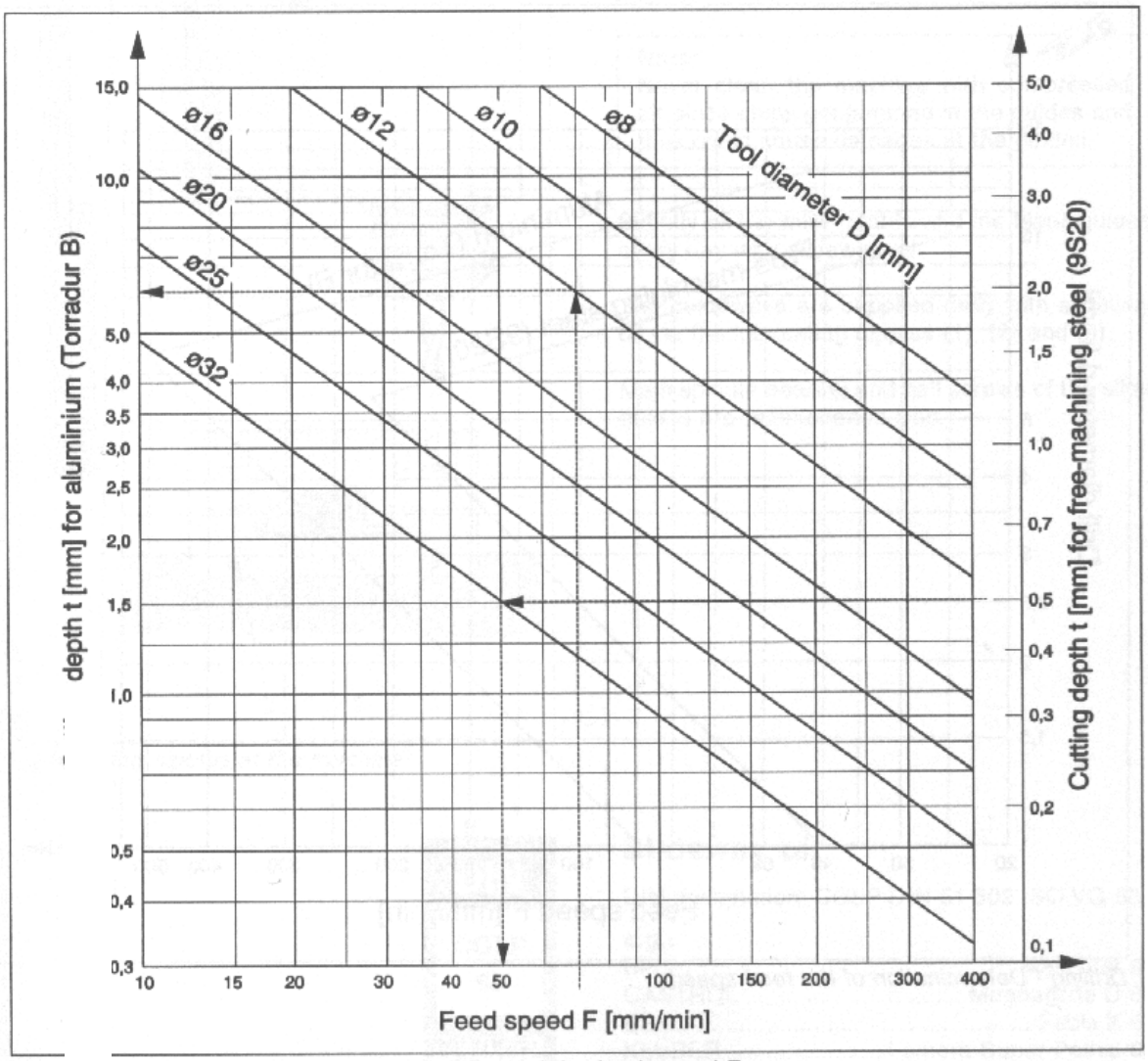
Example:

You know:

- workpiece material free-machining steel 9S20
- diameter of the milling cutter..... D = ø32 mm
- cutting depth .....t = 0,5 mm

You want to know:

- feed speed F in [mm/min]



Millir determination of the cutting depth t and the feed speed F

cuttir epth .....t = 6 mm feed speed ..... F = 50 mm/min

MJER

nato:

- materijal izratka ….. Torradur B
- promjer svrdla …… D = Φ9 mm

ži se:

- posmak …… F = 150 mm/min

Determination of the feed speed F during drilling

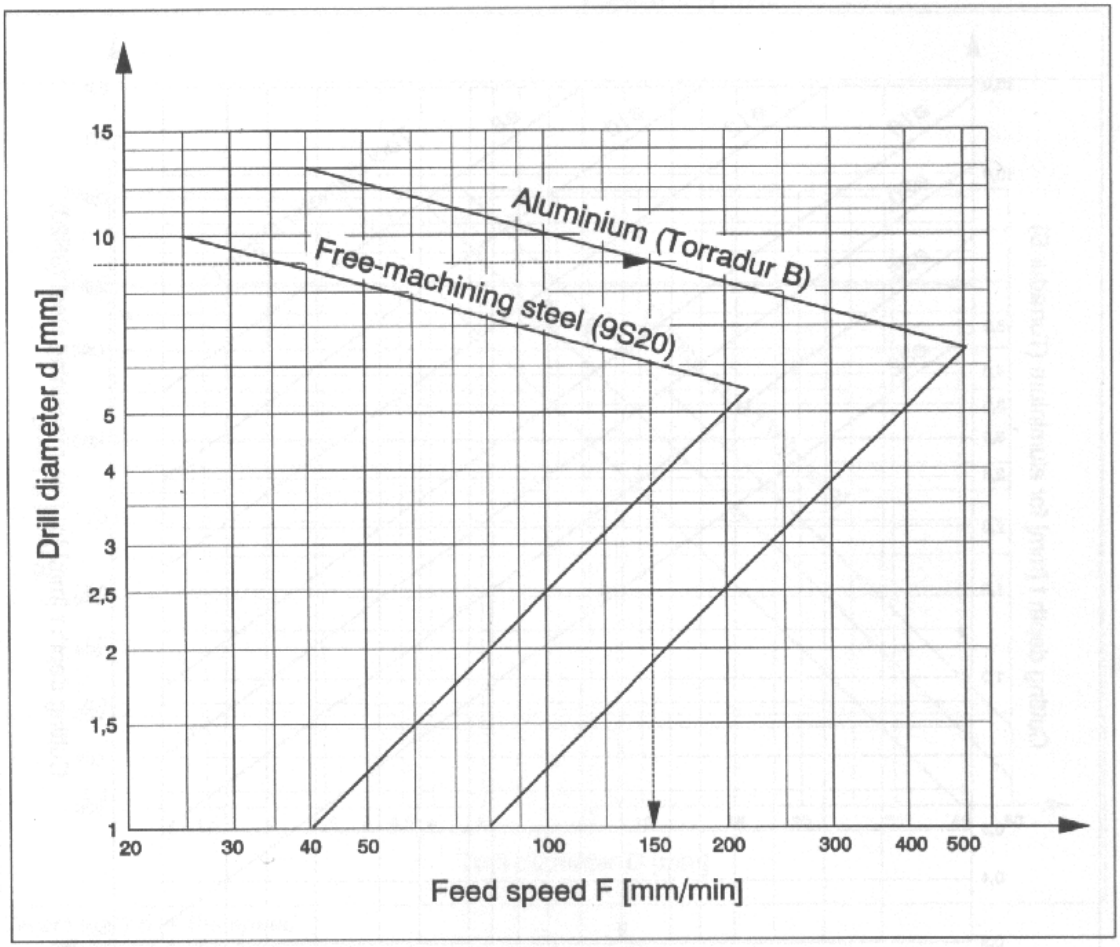
Example:

You know:

- workpiece material ..... Torradur B
- diameter of drill ..... D = ø9 mm

You want to know:

- Feed speed F in [mm/min]



Drilling - Determination of the feed speed

Solution:

feed speed ..... F = 150 mm/min

5.6. Tablica režima rada kod tokarenja

Tablica 19

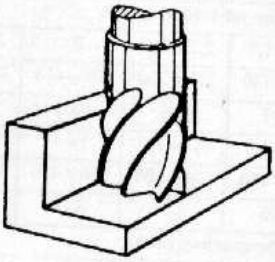
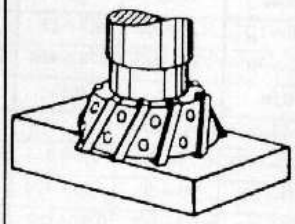
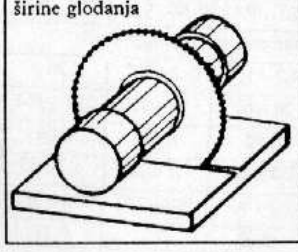
TOKARENJE Dubina strugotine, posmaka, brzina rezanja, trajanje oštrice									
Materijal	Vlačna čvrstoća N/mm² preko – do	Brzorezni čelik				Tvrdi metal			
		dubina *a* u mm	posmak *s* u mm/okr.	Brzina rezanja *v* m/s	Trajanje oštrice u min	dubina *a* u mm	posmak *s* u mm/okr.	Brzina rezanja *v* m/s	Trajanje oštrice u min
Opći konstrukcijski čelici, čelici za cementiranje čelici za poboljšavanje, alatni čelici, čelični lijev	500	0,5	0,1	1,00÷1,25	60	1	0,1	2,8÷3,6	120
		3	0,5	0,80÷1,1		6	0,6	1,3÷1,8	
		10	1,5	0,33÷0,58		10	1,5	0,8÷1,3	
	500...700	0,5	0,1	0,80÷1,20	60	1	0,1	2,5÷3,3	120
		3	0,5	0,50÷0,8		6	0,6	1,2÷1,7	
		10	1,5	0,33÷0,50		10	1,5	0,8÷1,2	60
	700...900	0,5	0,1	0,50÷0,75	60	1	0,1	1,8÷2,5	120
		3	0,5	0,36÷0,50		6	0,6	0,92÷1,3	
		10	1,5	0,20÷0,30		10	1,5	0,58÷0,92	60
	900...1 100	0,5	0,1	0,33÷0,50	60	1	0,1	1,25÷1,80	60
		3	0,1	0,25÷0,33		6	0,6	0,85÷0,92	
		6	0,8	0,17÷0,30		10	1,5	0,42÷0,58	
	1 100...1 400	–	–	–	–	1	0,1	0,8÷1,25	60
		–	–	–		3	0,3	0,5÷0,8	
		–	–	–		6	0,6	0,33÷0,5	
Čelici za automate	700	0,5	0,1	1,0÷1,5	240	1	0,1	2,0÷2,7	240
		3	0,3	0,8÷1,25		3	0,3	1,3÷2,0	
	700	0,5	0,1	0,7÷1,2	240	1	0,1	1,3÷2,0	240
		3	0,3	0,5÷0,8		3	0,3	1,0÷1,5	
Sivi lijev	200	0,5	0,1	0,58÷0,75	60	1	0,1	1,3÷1,7	60
		3	0,3	0,42÷0,58		3	0,3	1,0÷1,5	
		10	1,5	0,25÷0,33		10	1,5	0,7÷1,0	
	200...400	0,5	0,1	0,53÷0,70	60	1	0,1	1,2÷1,7	60
		3	0,3	0,38÷0,53		3	0,3	0,92÷1,25	
		10	1,5	0,20÷0,30		10	1,5	0,58÷0,8	
Nodularni lijev	400...700	–	–	–	–	1	0,1	2,3÷3,0	60
		–	–	–		3	0,3	1,5÷2,5	
		–	–	–		6	0,6	1,2÷1,7	
Crni temper lijev	350	0,5	0,1	0,75÷1,20	60	1	0,1	3,3÷4,0	60
		3	0,1	0,70÷1,0		3	0,3	2,3÷3,0	
		6	0,6	0,33÷0,7		6	0,6	1,3÷2,3	
Bijeli temper lijev	350...450	0,5	0,1	0,70÷1,0	60	1	0,1	1,5÷2,5	60
		3	0,3	0,58÷0,80		3	0,3	1,0÷1,7	
		6	0,6	0,33÷0,58		6	0,6	0,8÷1,25	
Bakrene legure	200...350	3	0,3	1,7÷2,50	120	3	0,3	5,8÷7,5	240
		6	0,6	1,3÷2,0		6	0,6	7,2÷5,8	
	350...800	3	0,3	1,0÷1,7	240	3	0,3	5,0÷5,8	240
		6	0,6	0,7÷1,0		6	0,6	3,3÷5,0	
Aluminij, aluminijske i magnezijeve legure	60...320	0,5	0,1	2,7÷3,0	240	0,5	0,1	preko 11,5	240
		3	0,3	2,3÷2,7		3	0,3	6,7÷10,0	
		6	0,6	2,0÷2,3		6	0,6	4,2÷8,3	
Toplinski očvrstive Al-legure	320...440	1	0,1	1,7÷2,3	240	1	0,1	3,3÷6,7	120
		6	0,6	1,3÷2,0		6	0,6	2,5÷5,0	
	440	–	–	–	–	1	0,1	2,0÷3,3	120
		–	–	–		6	0,6	0,8÷2,5	
Duroplasti bez punila	–	1	0,1	3,3÷4,20	480 i više	1	0,1	5,8÷7,5	480 i više
		3	0,3	2,5÷3,3		3	0,3	4,2÷6,7	
Duroplasti s punilima	–	1	0,1	1,3÷2,5	30...480	1	0,1	3,3÷5,8	30...480
		3	0,3	0,5÷1,0		3	0,3	0,8÷3,3	
Termoplasti bez punila	–	1	0,1	5,0÷6,7	480 i više	1	0,1	10,8÷13,3	480 i više
		3	0,3	3,3÷5,0		3	0,3	10,0÷11,5	

5.7. Tablice režima rada kod glodanja

Tablica 21

GLODANJE								
Brzina rezanja v u m/s, posmik s' u mm/min i s_z u mm/zubu								
Vrsta glodala	Kvalitete površine	Nelegirani čelici do 700 N/mm²		Legirani čelici do 750 N/mm²	Legirani čelici do 1000 N/mm²	Lijevano željezo do 180 *HB*	Laki metali	Bakrene legure
		Glodalo iz brzoreznog čelika						
Valjčano glodalo do 100 mm	N7	v	0,3÷0,4	0,24÷0,3	0,17÷0,24	0,24÷0,3	3,3÷5	0,7÷1,0

Tablica 22

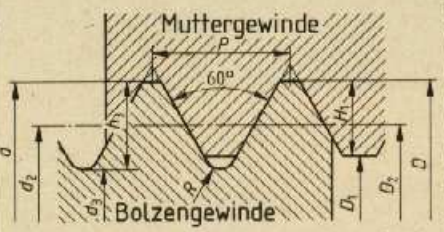
GLODANJE								
Brzina rezanja v u m/s, posmik s' u mm/min i s_z u mm/zuba								
Vrsta glodala	Kvalitete površine	Nelegirani čelici do 700 N/mm²		Legirani čelici do 750 N/mm²	Legirani čelici do 1000 N/mm²	Lijevano željezo do 180 *HB*	Laki metali	Bakarne legure
		Glodalo iz brzoreznog čelika						
Vretenasto glodalo do 60 mm širine glodanja 	N7 dubina strugotine do 1 mm	v	0,36÷0,4	0,3÷0,33	0,27÷0,3	0,3÷0,33	2,7÷3,0	0,8÷1,0
		u	80÷100	60÷80	45÷55	90÷110	80÷100	110÷140
		s_z	0,04...0,1	0,04...0,1	0,02...0,1	0,07...0,2	0,04...0,2	0,05...0,2
	N9 dubina strugotine do 8 mm	v	0,27÷0,3	0,23÷0,27	0,2÷0,23	0,23÷0,27	2,5÷3,0	0,8÷1,0
		u	22÷30	20÷25	10÷15	30÷40	40÷50	45÷60
		s_z	0,1...0,2	0,1...0,15	0,05...0,1	0,15...0,3	0,2...0,3	0,2...0,3
	N7 dubina strugotine do 1 mm	Glodalo sa oštricom od tvrdog metala						
		v	3,0÷4,0	2,3÷2,9	1,5÷1,8	2,5÷3,0	20	2,8÷3,0
		u	240÷280	180÷240	150÷180	270÷330	240÷300	330÷420
		s_z	0,01	0,01	0,01	0,05	0,03	0,03
	N9 dubina strugotine do 8 mm	v	2,÷2,8	1,8÷2,2	1,2÷1,5	1,8÷2,3	8,3÷15	1,5÷2,7
		u	90÷120	80÷100	40÷60	120÷160	160÷200	180÷240
		s_z	0,05	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15
Glodača glava do 200 mm širine glodanja 	N7 dubina strugotine do 1 mm	Glodača glava od brzoreznog čelika						
		v	0,42÷0,5	0,33÷0,42	0,27÷0,33	0,33÷0,42	3,5÷6,7	1,0÷1,3
		u	50÷70	40÷60	22÷35	50÷80	90÷150	100÷160
		s_z	0,1...0,2	0,1...0,15	0,05...0,1	0,1...0,2	0,1...0,2	0,1...0,2
	N9 dubina strugotine do 8 mm	v	0,25÷0,33	0,2÷0,25	0,17÷0,2	0,2÷0,3	3,3÷5,0	0,75÷1,0
		u	40÷50	30÷40	18÷25	50÷60	80÷160	100÷120
		s_z	0,2...0,3	0,15...0,2	0,1...0,15	0,2...0,3	0,2...0,3	0,2...0,3
	N7 dubina strugotine do 1 mm	Glodača glava sa oštricom od tvrdog metala						
		v	3,0÷4,2	2,5÷3,0	1,7÷2,0	2,5÷3,3	30	3,3÷4,3
		s'	100÷150	90÷130	80÷120	140÷220	100÷180	140÷180
		s_z	0,06	0,06	0,03	0,08	0,08	0,1
	N9 dubina strugotine do 8 mm	v	2,5÷3,3	2,0÷2,5	1,25÷1,7	2,0÷2,5	20	2,0÷3,3
		s'	250÷300	200÷250	180÷200	220÷280	450÷900	350÷450
		s_z	0,09	0,08	0,06	0,15	0,1	0,12
Pilasto glodalo do 3 mm širine glodanja 	dubina strugotine do 4 mm	Cirkular od brzoreznog čelika						
		v	0,75÷0,80	0,58÷0,7	0,4÷0,5	0,5÷0,7	5,0÷6,7	5,0÷6,7
		s'	60÷75	50÷60	30÷40	65÷80	250÷400	300÷500
	dubine strugotine do 8 mm	v	0,7÷0,75	0,5÷0,58	0,36÷0,5	0,5÷0,58	5,0÷5,8	5,0÷6,7
		s'	50÷60	40÷50	22÷30	50÷60	160÷200	200÷300
	dubina strugotine do 20 mm	v	0,58÷0,7	0,42÷0,5	0,25÷0,33	0,33÷0,50	3,3÷6,7	5,0÷5,8
		s'	25÷30	20÷25	12÷15	30÷35	100÷150	100÷190

5.8. Tablica standardnih metričkih navoja

Gewinde

Metrisches ISO-Gewinde, Abmessungen

vgl. DIN 13 T1...11 (12.86)



Nenndurchmesser	d	$= D$
Steigung	P	
Gewindetiefe des Bolzengewindes	h_3	$= 0{,}6134 \cdot P$
Gewindetiefe des Muttergewindes	H_1	$= 0{,}5413 \cdot P$
Rundung	R	$= 0{,}1443 \cdot P$
Flanken-∅	d_2	$= D_2 = d - 0{,}6495 \cdot P$
Kern-∅ des Bolzengewindes	d_3	$= d - 1{,}2269 \cdot P$
Kern-∅ des Muttergewindes	D_1	$= d - 1{,}0825 \cdot P$
Kernlochbohrer-∅		$= d - P$
Flankenwinkel		60°
Spannungsquerschnitt	A_s	$= \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2$

Regelgewinde Reihe 1[1] Maße in mm

Gewindebezeichnung $d = D$	Steigung P	Flanken-∅ $d_2 = D_2$	Kern-∅ Bolzen d_3	Kern-∅ Mutter D_1	Gewindetiefe Bolzen h_3	Gewindetiefe Mutter H_1	Rundung R	Spannungsquerschnitt A_s mm²	Kernlochbohrer ∅	Sechskantschlüsselweite[2]
M 1	0,25	0,84	0,69	0,73	0,15	0,14	0,04	0,46	0,75	–
M 1,2	0,25	1,04	0,89	0,93	0,15	0,14	0,04	0,73	0,95	–
M 1,6	0,35	1,38	1,17	1,22	0,22	0,19	0,05	1,27	1,3	3,2
M 2	0,4	1,74	1,51	1,57	0,25	0,22	0,06	2,07	1,6	4
M 2,5	0,45	2,21	1,95	2,01	0,28	0,24	0,07	3,39	2,1	5
M 3	0,5	2,68	2,39	2,46	0,31	0,27	0,07	5,03	2,5	5,5
M 4	0,7	3,55	3,14	3,24	0,43	0,38	0,10	8,78	3,3	7
M 5	0,8	4,48	4,02	4,13	0,49	0,43	0,12	14,2	4,2	8
M 6	1	5,35	4,77	4,92	0,61	0,54	0,14	20,1	5,0	10
M 8	1,25	7,19	6,47	6,65	0,77	0,68	0,18	36,6	6,8	13
M 10	1,5	9,03	8,16	8,38	0,92	0,81	0,22	58,0	8,5	16
M 12	1,75	10,86	9,85	10,11	1,07	0,95	0,25	84,3	10,2	18
M 16	2	14,70	13,55	13,84	1,23	1,08	0,29	157	14	24
M 20	2,5	18,38	16,93	17,29	1,53	1,35	0,36	245	17,5	30
M 24	3	22,05	20,32	20,75	1,84	1,62	0,43	353	21	36
M 30	3,5	27,73	25,71	26,21	2,15	1,89	0,51	561	26,5	46
M 36	4	33,40	31,09	31,67	2,45	2,17	0,58	817	32	55
M 42	4,5	39,08	36,48	37,13	2,76	2,44	0,65	1121	37,5	65
M 48	5	44,75	41,87	42,59	3,07	2,71	0,72	1473	43	75
M 56	5,5	52,43	49,25	50,05	3,37	2,98	0,79	2030	50,5	85
M 64	6	60,10	56,64	57,51	3,68	3,25	0,87	2676	58	95

Feingewinde Maße in mm

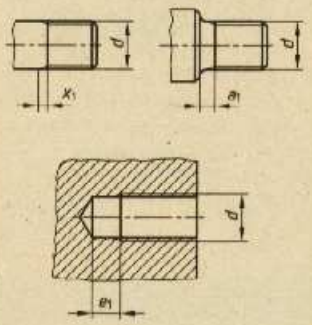
Gewindebezeichnung $d \times P$	Flanken-∅ $d_2 = D_2$	Kern-∅ Bolzen d_3	Kern-∅ Mutter D_1	Gewindebezeichnung $d \times P$	Flanken-∅ $d_2 = D_2$	Kern-∅ Bolzen d_3	Kern-∅ Mutter D_1	Gewindebezeichnung $d \times P$	Flanken-∅ $d_2 = D_2$	Kern-∅ Bolzen d_3	Kern-∅ Mutter D_1
M 2 × 0,25	1,84	1,69	1,73	M 10 × 0,25	9,84	9,69	9,73	M 24 × 2	22,70	21,55	21,84
M 3 × 0,25	2,84	2,69	2,73	M 10 × 0,5	9,68	9,39	9,46	M 30 × 1,5	29,03	28,16	28,38
M 4 × 0,2	3,87	3,76	3,78	M 10 × 1	9,35	8,77	8,92	M 30 × 2	28,70	27,55	27,84
M 4 × 0,35	3,77	3,57	3,62	M 12 × 0,35	11,77	11,57	11,62	M 36 × 1,5	35,03	34,16	34,38
M 5 × 0,25	4,84	4,69	4,73	M 12 × 0,5	11,68	11,39	11,46	M 36 × 2	34,70	33,55	33,84
M 5 × 0,5	4,68	4,39	4,46	M 12 × 1	11,35	10,77	10,92	M 42 × 1,5	41,03	40,16	40,38
M 6 × 0,25	5,84	5,69	5,73	M 16 × 0,5	15,68	15,39	15,46	M 42 × 2	40,70	39,55	39,84
M 6 × 0,5	5,68	5,39	5,46	M 16 × 1	15,35	14,77	14,92	M 48 × 1,5	47,03	46,16	46,38
M 6 × 0,75	5,51	5,08	5,19	M 16 × 1,5	15,03	14,16	14,38	M 48 × 2	46,70	45,55	45,84
M 8 × 0,25	7,84	7,69	7,73	M 20 × 1	19,35	18,77	18,92	M 56 × 1,5	55,03	54,16	54,38
M 8 × 0,5	7,68	7,39	7,46	M 20 × 1,5	19,03	18,16	18,38	M 56 × 2	54,70	53,55	53,84
M 8 × 1	7,35	6,77	6,92	M 24 × 1,5	23,03	22,16	22,38	M 64 × 2	62,70	61,55	61,84

[1] Reihe 2 und Reihe 3 enthalten auch Zwischengrößen (z. B. M 7, M 9, M 14); [2] vgl. DIN ISO 272 (10.79)

Gewindeausläufe und Gewindefreistiche

Gewindeausläufe für Metrische ISO-Gewinde

vgl. DIN 76 T1 (12.83)



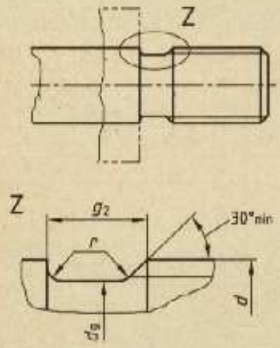
Gewindesteigung[1] P	ISO-Regelgewinde d	Gewindeauslauf x_1 max.	a_1 max.	e_1 max.	Gewindesteigung[1] P	ISO-Regelgewinde d	Gewindeauslauf x_1 max.	a_1 max.	e_1 max.
0,2	–	0,5	0,6	1,3	1,25	M 8	3,2	3,8	6,2
0,25	M1; M1,2	0,6	0,8	1,5	1,5	M10	3,8	4,5	7,3
0,3	–	0,8	0,9	1,8	1,75	M12	4,3	5,3	8,3
0,35	M1,6	0,9	1,1	2,1	2	M16	5	6	9,3
0,4	M2	1	1,2	2,3	2,5	M20	6,3	7,5	11,2
0,45	M2,5	1,1	1,4	2,6	3	M24	7,5	9	13,1
0,5	M3	1,3	1,5	2,8	3,5	M30	9	10,5	15,2
0,6	–	1,5	1,8	3,4	4	M36	10	12	16,8
0,7	M4	1,8	2,1	3,8	4,5	M42	11	13,5	18,4
0,75	–	1,9	2,3	4	5	M48	12,5	15	20,8
0,8	M5	2	2,4	4,2	5,5	M56	14	16,5	22,4
1	M6	2,5	3	5,1	6	M64	15	18	24

[1] Für Feingewinde sind die Maße der Gewindeausläufe nach der Steigung *P* zu wählen.

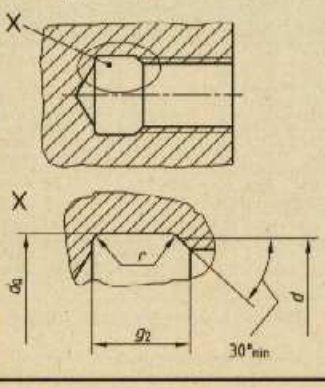
Gewindefreistiche für Metrische ISO-Gewinde

vgl. DIN 76 T1 (12.83)

Außengewinde Form A und B



Innengewinde Form C und D



Gewindesteigung[1] P	ISO-Regelgewinde d	Außengewinde d_g h13	g_2 max. Form A[2]	Form B[3]	r	Innengewinde d_g H13	g_2 max. Form C[2]	Form D[3]	r
0,2	–	$d-0,3$	0,7	0,5	0,1	$d+0,1$	1,2	0,9	0,1
0,25	M1, M1,2	$d-0,4$	0,9	0,6	0,1	$d+0,1$	1,4	1	0,1
0,3	–	$d-0,5$	1,1	0,8	0,2	$d+0,1$	1,6	1,3	0,2
0,35	M1,6	$d-0,6$	1,2	0,9	0,2	$d+0,2$	1,9	1,4	0,2
0,4	M2	$d-0,7$	1,4	1	0,2	$d+0,2$	2,2	1,6	0,2
0,45	M2,5	$d-0,7$	1,6	1,1	0,2	$d+0,2$	2,4	1,7	0,2
0,5	M3	$d-0,8$	1,8	1,3	0,2	$d+0,3$	2,7	2	0,2
0,6	–	$d-1$	2,1	1,5	0,4	$d+0,3$	3,3	2,4	0,4
0,7	M4	$d-1,1$	2,5	1,8	0,4	$d+0,3$	3,8	2,8	0,4
0,75	–	$d-1,2$	2,6	1,9	0,4	$d+0,3$	4	2,9	0,4
0,8	M5	$d-1,3$	2,8	2	0,4	$d+0,3$	4,2	3	0,4
1	M6	$d-1,6$	3,5	2,5	0,6	$d+0,5$	5,2	3,7	0,6
1,25	M8	$d-2$	4,4	3,2	0,6	$d+0,5$	6,7	4,9	0,6
1,5	M10	$d-2,3$	5,2	3,8	0,8	$d+0,5$	7,8	5,6	0,8
1,75	M12	$d-2,6$	6,1	4,3	1	$d+0,5$	9,1	6,4	1
2	M16	$d-3$	7	5	1	$d+0,5$	10,3	7,3	1
2,5	M20	$d-3,6$	8,7	6,3	1,2	$d+0,5$	13	9,3	1,2
3	M24	$d-4,4$	10,5	7,5	1,6	$d+0,5$	15,2	10,7	1,6
3,5	M30	$d-5$	12	9	1,6	$d+0,5$	17,7	12,7	1,6
4	M36	$d-5,7$	14	10	2	$d+0,5$	20	14	2
4,5	M42	$d-6,4$	16	11	2	$d+0,5$	23	16	2
5	M48	$d-7$	17,5	12,5	2,5	$d+0,5$	26	18,5	2,5
5,5	M56	$d-7,7$	19	14	3,2	$d+0,5$	28	20	3,2
6	M64	$d-8,3$	21	15	3,2	$d+0,5$	30	21	3,2

Bezeichnung eines Gewindefreistiches der Form C: **DIN 76-C**

[1] Für Feingewinde sind die Maße der Gewindefreistiche nach der Steigung *P* zu wählen.

[2] Regelfall; gilt immer dann, wenn keine anderen Angaben gemacht sind.

[3] Nur für Fälle, bei denen aus technischen Gründen ein kurzer Gewindeauslauf erforderlich ist.

5.9. Dokumentacija CNC programiranja

Na slijedećim stranicama nalaze se obrasci za CNC programiranje. To su predloženi obrasci prema EMCO-u a naravno da se mogu koristiti i drugi slični obrasci prilagođeni dotičnoj tvrtki ili ustanovi. Za potrebe škola ova dokumentacija je sasvim zadovoljavajuća. U njoj se nalaze: OPERACIJSKI LIST, PLAN STEZANJA I PLAN ALATA (to je jedan obrazac a može se i razdvojiti), te ISPIS PROGRAMA (CNC PROGRAM).

CNC-PRIMJERI

TEHNIČKA ŠKOLA VIROVITICA

OPERACIJSKI LIST

Red. Br.	OPIS OPERACIJE - ZAHVATA	ALAT	BILJEŠKE
10.	**Stezanje izratka**		

Ime i prezime:	
Razred, šk.god.	

CNC-PRIMJERI

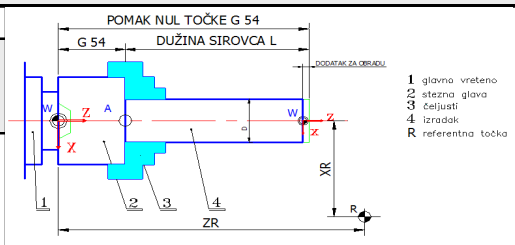
TEHNIČKA ŠKOLA VIROVITICA

Naziv izratka:	

Plan stezanja i plan alata

STROJ	EMCO TURN 55

	Materijal	**Oznaka**	**Skraćenica**	**Dimenzije**	**Bilješke**
SIROVAC	Aluminij		Al		

STEZNI ALAT	**Tip**	Nulta točka izratka
	Broj steznog alata	

ALATI		
	T1	T2
	Broj kor. l_1 l_2 Rad. alata: Poz. alata: S (o/min): F (mm/o):	Broj kor. l_1 l_2 Rad. alata: Poz. alata: S (o/min): F (mm/o):
	Tvrdi metal:	Tvrdi metal:
	T3	T4
	Broj kor. l_1 l_2 Rad. alata: Poz. alata: S (o/min): F (mm/o):	Broj kor. l_1 l_2 Rad. alata: Poz. alata: S (o/min): F (mm/o):
	Tvrdi metal:	Tvrdi metal:
	T5	T6
	Broj kor. l_1 l_2 Rad. alata: Poz. alata: S (o/min): F (mm/o):	Broj kor. l_1 l_2 Rad. alata: Poz. alata: S (o/min): F (mm/o):
	Tvrdi metal:	Tvrdi metal:

Ime:	

promjer svrdla (mm)

mak]

CNC-PRIMJERI

NIČKA ŠKOLA VIROVITICA

Naziv izratka:	

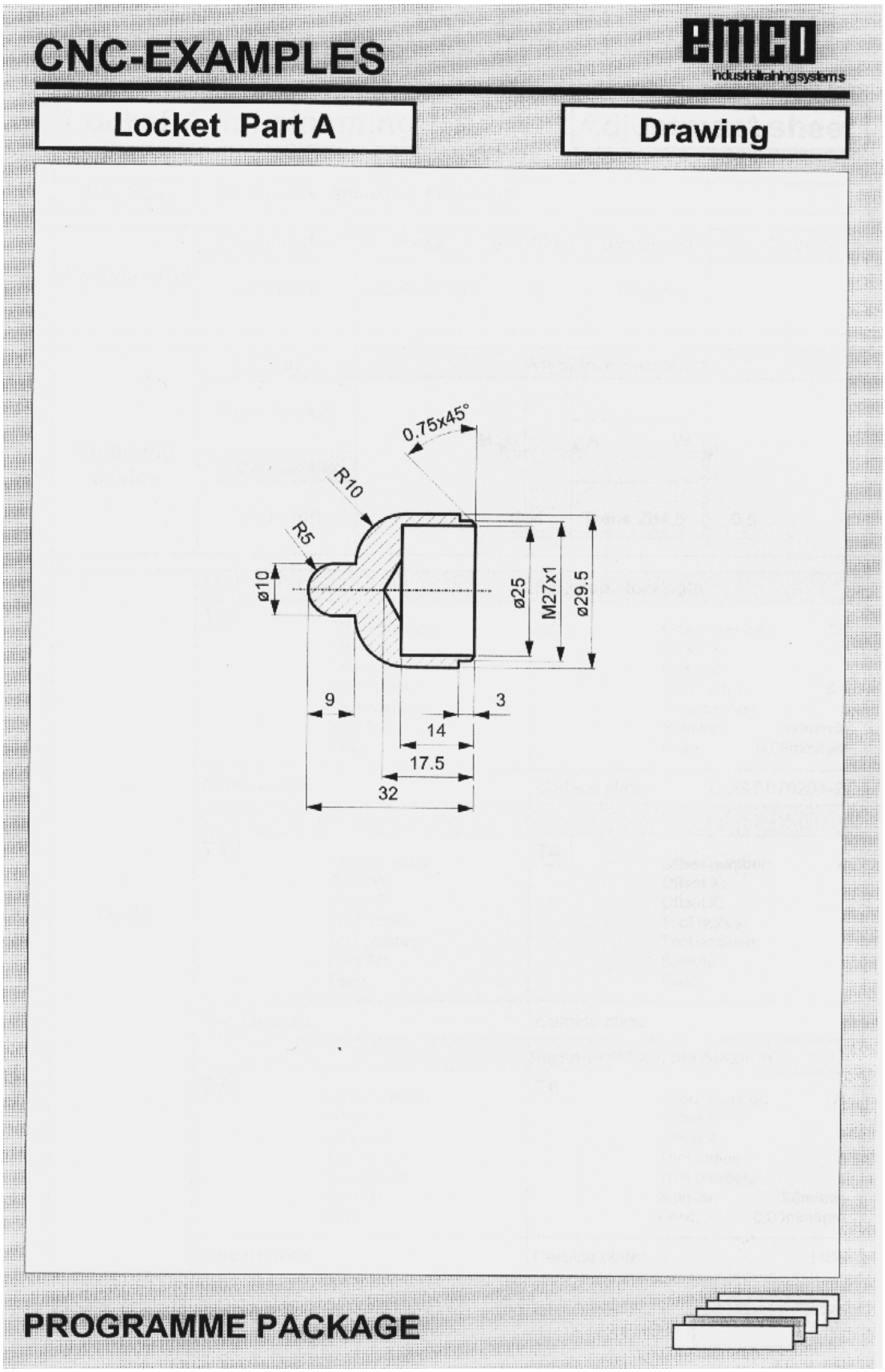
CNC PROGRAM

Red. br. bloka	FUNKCIJE PROGRAMA	NAPOMENA

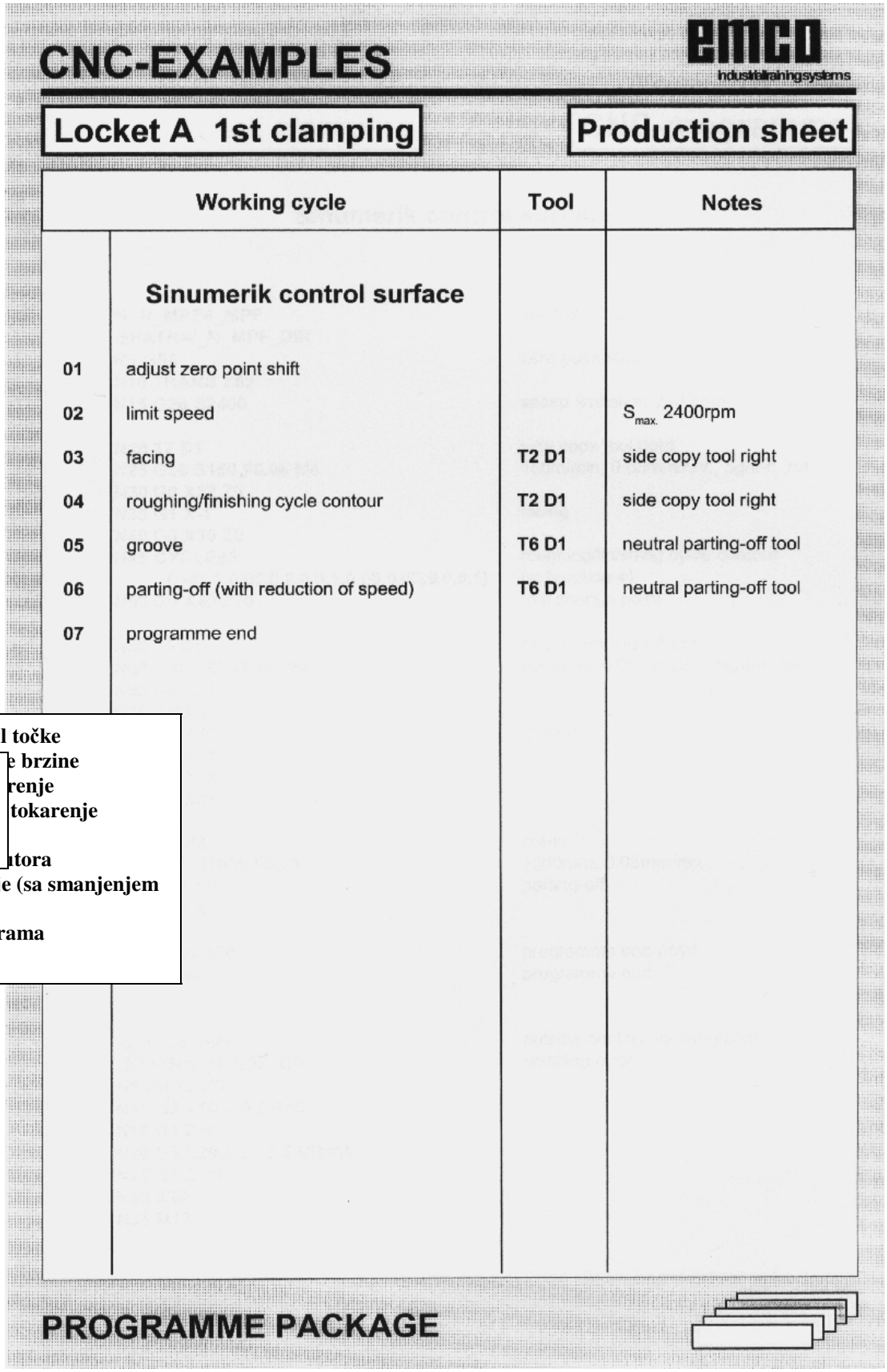
Ime i prezime	

5.10. Primjer izrade tehničke dokumentacije kod tokarenja (EMCO)

5.10.1. Tehnički crtež izratka



5.10.2. Operacijski list – prvo stezanje



CNC-EXAMPLES

emco industrialtrainingsystems

Locket A 1st clamping

Production sheet

	Working cycle	Tool	Notes
	Sinumerik control surface		
01	adjust zero point shift		
02	limit speed		$S_{max.}$ 2400rpm
03	facing	T2 D1	side copy tool right
04	roughing/finishing cycle contour	T2 D1	side copy tool right
05	groove	T6 D1	neutral parting-off tool
06	parting-off (with reduction of speed)	T6 D1	neutral parting-off tool
07	programme end		

PROGRAMME PACKAGE

Vidi slike u poglavlju 1.8.2. !

1 pomak nul točke
e brzine
renje
tokarenje
tora
6 odsijecanje (sa smanjenjem brzine)
7 kraj programa

5.10.3. Plan stezanja I i alata

CNC-EXAMPLES

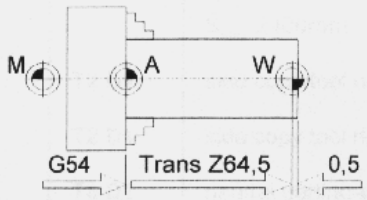
emco industrialtrainingsystems

Locket A 1st clamping

Adjustment sheet

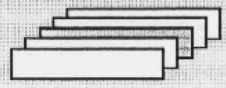
Machine	PC Turn 55 / Sinumerik 810D/840D

Rawmaterial	Material	Name	Shortener	Dimension	Note
	Aluminium	AlCuPbBi F38	Al	d 30x65	

Clamping device	Type	Workpiece zero point
	3-jaw chucket	
	Order number	
	V3U 176R	

Tools		
		Side copy tool right
	T1 Offset number: Offset X: Offset Z: Tool radius: Tool position: Spindle: Feed:	**T2** Offset number: D1 Offset X: Offset Z: Tool radius: 0.4 Tool position: 3 Spindle: 150m/min Feed: 0,08mm/rpm
	Carbide plate:	Carbide plate: DCGT 070204-27
	T3 Offset number: Offset X: Offset Z: Tool radius: Tool position: Spindle: Feed:	**T4** Offset number: Offset X: Offset Z: Tool radius: Tool position: Spindle: Feed:
	Carbide plate:	Carbide plate:
		Parting-off tool, blade=2mm
	T5 Offset number: Offset X: Offset Z: Tool radius: Tool position: Spindle: Feed:	**T6** Offset number: D1 Offset X: Offset Z: Tool radius: 0 Tool position: 8 Spindle: 80m/min Feed: 0,05mm/rpm
	Carbide plate:	Carbide plate: HSS

PROGRAMME PACKAGE



5.10.4. **CNC program za prvo stezanje stezanje**

CNC-EXAMPLES

emco industrialtrainingsystems

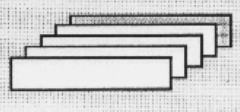
Locket A 1st clamping

CNC-programme

Sinumerik control surface

```
%_N_MPF4_MPF                          1st clamping
;$PATH=/_N_MPF_DIR
N5 G54                                zero point shift
N10 TRANS Z65
N15 G26 S2400                         speed limitation 2400rpm

N20 T2 D1                             side copy tool right
N25 G96 S150 F0.08 M4                 150m/min, 0.08mm/rev., right-h. rot.
N30 G0 X32 Z0
N35 G1 X-1                            facing
N40 G0 X30 Z0
N45 CYCLE95                           roughing/finishing cycle contour
      (,,l4",1,0.05,0.2,0,0.1,0.08,0.05,9,0,0,1)   (subroutine 4)
N50 G0 X40 Z70                        tool change point

N55 T6 D1                             neutral parting-off tool
N60 G96 S80 F0.05 M4                  80m/min, 0.05mm/rev., right-h. rot.
N65 G0 X31
N70 Z-33.5
N71 G1 X20                            groove
N72 G0 X31
N75 G1 X12
N80 G0 X31
N85 Z-32
N90 G1 X8                             cut-in
N95 G95 S1000 F0.03                   1000rpm, 0.03mm/rev.
N100 G1 X0                            parting-off
N105 G0 X35

N110 X40 Z70                          programme end point
N115 M30                              programme end


%_N_L4_SPF                            outside contour for roughing/
;$PATH=/_N_SPF_DIR                    finishing cycle
N5 G0 X0 Z0
N10 G3 X10 Z-5 CR=5
N15 G1 Z-9
N20 G3 X29.5 Z-18.5 CR=10
N25 G1 Z-33
N30 X30
N35 M17
```

PROGRAMME PACKAGE



5.10.5. Operacijski list za drugo stezanje

CNC-EXAMPLES

emco industrialtraining systems

Locket A 2nd clamping

Production sheet

	Working cycle	Tool	Notes
	Sinumerik control surface		
01	adjust zero point shift		
02	limit speed		$S_{max.}$ 2400rpm
03	deep-hole drill cycle	T1 D1	drill Ø 12mm
04	roughing/finishing cycle inside contour	T3 D1	boring bar
05	finishing outside contour	T2 D1	side copy tool right
06	thread-cutting cycle external thread	T4 D1	external thread-cutting tool
07	programme end		

1 **pomak nul točke**
2 **ograničenje brzine**
3 **duboko bušenje**
4 **grubo/fino unutrašnje tokarenje ciklusa**
5 **završno konturno tokarenje vanjsko**
6 **narezivanje vanjskog navoja u ciklusu**

Vidi slike u poglavlju 1.8.2. !

PROGRAMME PACKAGE

PROGRAMME PACKAGE

5.10.7. CNC program za II stezanje

CNC-EXAMPLES

emco industrialtrainingsystems

Locket A 2nd clamping

CNC-programme

Sinumerik control surface

```
%_N_MPF5_MPF                                  2nd clamping
;$PATH=/_N_MPF_DIR
N5 G54                                        zero point shift
N10 TRANS Z23
N15 G26 S2400                                 speed limitation 2400rpm

N20 T1 D1                                     twist drill
N25 G95 S1100 F0.05 M4                        1100rpm, 0.05mm/rev.
N30 G0 X0 Z5
N35 CYCLE83 (5,1,0,-18,0,-8,0,3,0,0.1,0.5,1)  deep-hole drill cycle
N40 G0 X50 Z70                                tool change point

N45 T5 D1                                     boring bar
N50 G96 S150 F0.1 M4                          150m/min, 0.1mm/rev., right-h. rot.
N55 G0 X13 Z1
N60 G1 Z-14
N65 X12.5
N70 G0 Z1
N75 X14
N80 G1 Z-14
N85 X13.5
N90 G0 Z1
N95 CYCLE95                                   roughing/finishing cycle inside cont.
      („I5“,1,0,0.3,0,0.1,0.1,0.03,11,0,0,0.5)  (subroutine 5)
N100 G0 X50 Z70                               tool change point

N105 T2 D1                                    side copy tool right
N110 G96 S150 F0.08 M4                        150m/min, 0.08mm/rev., right-h. rot.
N115 G0 X25 Z1
N120 CYCLE95                                  finishing cycle outside contour
      („I51“,1,0.1,0.5,0,0.25,0.1,0.03,9,0,0,1)
N125 G0 X50 Z70                               tool change point

N130 T4 D1                                    external thread-cutting tool
N135 G95 S500 M4                              500rpm, right-handed rotation
N140 CYCLE97                                  thread -cutting cycle
   (1,27,0,-2.9,27,27,2,0.1,0.613,0,30,0,5,2,3,1)  external thread

N145 G0 X50 Z70                               programme end point
N150 M30                                      programme end
```

PROGRAMME PACKAGE

Locket A 2nd clamping

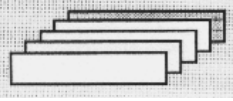
CNC-programme

```
%_N_L5_SPF
;$PATH=/_N_SPF_DIR
N3 G0 X25 Z1
N8 G1 Z-14
N13 X16
N18 M17
```

Inside contour for roughing/ finishing cycle

```
%_N_L51_SPF
;$PATH=/_N_SPF_DIR
N2 G0 X25.5 Z1
N4 G1 X25.5 Z0
N6 X27 Z-0.75
N8 Z-3
N10 X30
N12 M17
```

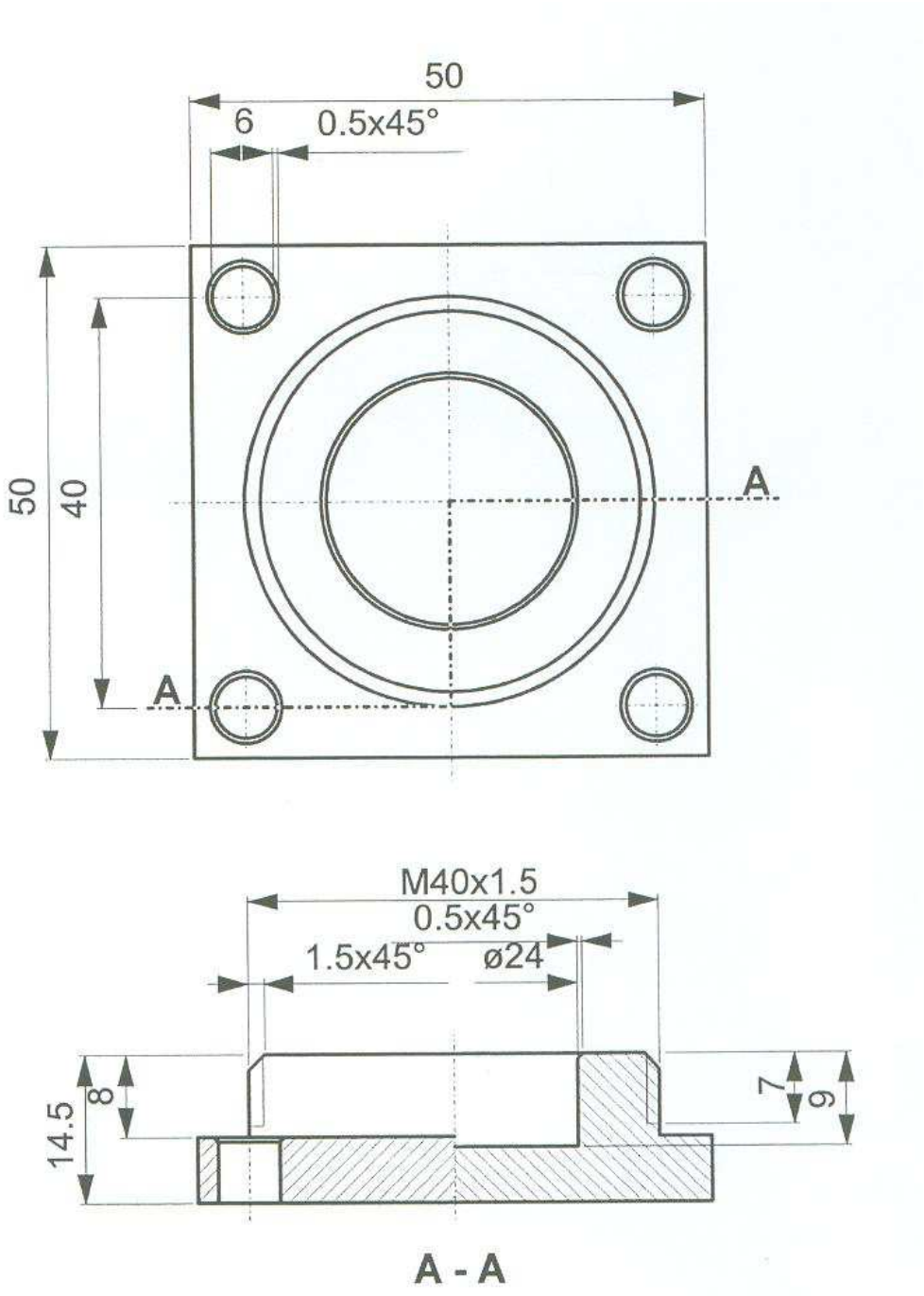
Outside contour for finishing cycle



5.11. Primjer izrade tehničke dokumentacije kod glodanja (EMCO)

5. 11.1. Tehnički crtež dijela – Poklopac sa navojem (Screw Cap)

Materijal: AlCu Pb Bi F38
Dimenzije sirovca: 50x50x15



5.11.2. Operacijski list – redoslijed proizvodnje

CNC-EXAMPLES

emco

Screw cap

Production sheet

	Programme step	Tool	Notes
01	Facing	T1D1	500 mm/min.
02	Roughing outside	T1D1	350 mm/min.
03	Roughing inside	T2D2	180 mm/min.
04	Chamfer thread	T3D3	600 mm/min. measuring tool on shoulder!
05	Chamfer inside	T3D3	600mm/min.
06	Thread milling	T4D4	240 mm/min.
07	Chamfer centering	T5D5	170 mm/min.
08	Drilling	T6D6	160mm/min.

1. **Facing – poravnanje** **T1D1**
2. **Roughing outside – Vanjska obrada** **T1D1**
3. **Roughing inside – Unutarnja obrada provrta** **T2D2**
4. **Chamfer thread – Zakošenje vanjskog ruba (navoja)** **T3D3**
5. **Chamfer inside – Zakošenje unutarnjeg provrta** **T3D3**
6. **Thread milling – Glodanje navoja** **T4D4**
7. **Centering chamfer – Označivanje provrta** **T5D5**
8. **Drilling – Bušenje** **T6D6**

PROGRAMME PACKAGE 1

T1 – glodalo za poravnanje ϕ40x20
T2 – vretenasto glodalo za utor ϕ10
T3 – kutno glodalo za skošenje ϕ8x16
T4 – glodalo za narezivanje navoja 16x2
T5 – NC start svrdlo ϕ10
T6 – spiralno svrdlo ϕ6

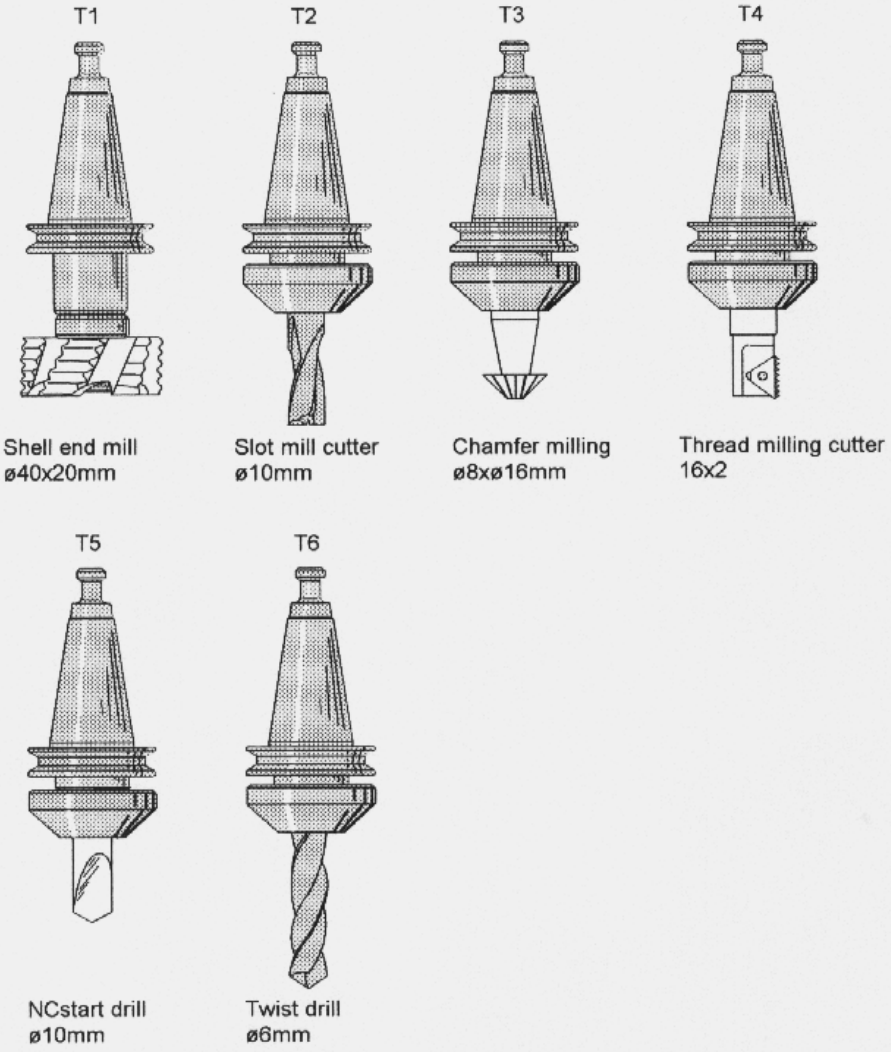
5.11.3. Plan rezanja (Machining steps

5.11.4. Plan alata

TRAINING

PLANNING AND PREPARATION

THE SELECTED TOOLS



4. **Chamfer thread – Zakošenje vanjskog ruba (navoja)**
5. **Chamfer inside – Zakošenje unutarnjeg provrta**
6. **Thread milling – Glodanje navoja**
7. **Centering chamfer – Označivanje provrta**
8. **Drilling - Bušenje**

5.11.4. Plan stezanja i alata

CNC-EXAMPLES

emco

Screw cap

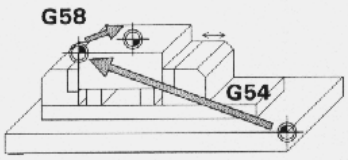
Adjustment sheet

Machine	PC Mill 50 - Sinumerik 810/820M

Raw material

Material	Code	Shortener	Dimension	Note
Aluminium	AlCuPbBi F38	Al	50x50x15	Base strip 16mm high

Clamping device

Type	Zero point shift
Machine vice	
Order number	
574 670	

Tools

Shell end mill Order No.: 764 410

T1

Offset number: 01
Tool radius: 20
Tool length:
Spindle: 1990/1600
Feed: 500/350

Milling arbor Order No.: 770 020

Collet holder Order No.: 770 010

Slot mill cutter Order No.: 771 060

T2

Offset number: 02
Tool radius: 5
Tool length:
Spindle: 2000
Feed: 180

Chamfering miller Ord.No.: 771 050

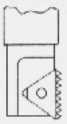
T3

Offset number: 03
Tool radius: 5
Tool length:
Spindle: 2200
Feed: 600

Collet holder Order No.: 770 010

Thread miller

T4



Offset number: 04
Tool radius: 8
Tool length:
Spindle: 2400
Feed: 240

Collet holder Order No.: 770 010

NC start drill Order No.: 771 010

T5

Offset number: 05
Tool radius:
Tool length:
Spindle: 2100
Feed: 170

Collet holder Order No.: 770 010

Twist drill 6mm

T6

Offset number: 06
Tool radius:
Tool length:
Spindle: 1900
Feed: 160

Collet holder Order No.: 770 010

T7

Offset number:
Tool radius:
Tool length:
Spindle:
Feed:

T8

Offset number:
Tool radius:
Tool length:
Spindle:
Feed:

PROGRAMME PACKAGE 1

5.11.5. CNC program – ispis programa

CNC-PRIMJERI EMCO

Naziv izratka:	POKLOPAC S NAVOJEM

CNC PROGRAM

Red broj bloka Red. br.	FUNKCIJE PROGRAMA FUNKCIJE PROGRAMA	NAPOMENA – opis funkcija NAPOMENA
N200	G2 X18.774 Y0 Z-7 I-18.774 J0	Glodnje navoja – kružna interpolacija sa pomakom koraka navoja po trećoj osi
N05	G54	Poziv pomaka nul točke (pomoćna točka A)
N10	G58 X25 Y-25 Z9.5	Programirana nul točka (sredina izratka)
N205	G0 G40 X29	
N15	T1 D1	Poziv prvog alata, izračunavanje korekcije
N210	Z60	
N20	S1990 F500 M3	Režimi rada za prvu operaciju, uključenje vrtnje
N215	M0	
N25	G0 X-47 Y-20 Z5	Brzi hod, početna točka za prvu operaciju
N220	T5 D5	**07 operacija** – označavanje provrta - ciklus
N30	Z0	**01 operacija** – poravnavanje čela (0.5 mm)
N225	S2100 F170 M3	
N35	G1 X47	
N230	G0 X0 Y0 Z2	Zauzimanje pozicije alata za ciklus bušenja
N40	G0 X15	
N235		Poziv ciklusa 81, parametri bušenja
N43	G1 X-47	
N50	G0 Y0	
N240	G0 Z50	**08 operacija -** bušenje
N55	L100 P7	**02 operacija** – Vanjska obrada - Potprogram
N245	M0	
N60	G0 Z50	Položaj za izmjenu alata
N250	T6 D6	
N63	M0	Programirani stop – ručna izmjena alata
N255	S1900 F160 M3	
N70	T2 D2	Poziv drugog alata, izračunavanje korekcije
N260	G0 X0 Y0 Z2	
N73	S2000 F180 M3	Režimi rada za drugu operaciju, uključenje vrtnje
N265		Poziv ciklusa za bušenje 83, jedan prolaz
N80	G0 X0 Y0 Z2	
N270	G0 X60 Y30 Z50	
N83		**03 operacija** – Unutarnja obrada provrta - ciklus
N275	M30	Kraj programa
N90	G0 Z50	**04 operacija** – Glodanje skošenja
N95	L100	Broj potprograma
N100	M0	
N5	T3 D3	
N105	G91 G0 S1600 M3 Z-1.143 S2200 F600 M3	Inkrementalni pomak po osi Z sa programiranim posmakom
N110	G0 X27 Y0 Z2	Zauzimanje pozicije skošenja za navoj
N10	G90 G1 G41 X-20 F200	Opis konture u apsolutnim koordinatama
N120	G1 G41 X20	Korekcija polumjerom alata - lijeva
N15	G2 X-20 Y0 I20 J0 F350	Kružno gibanje po konturi
N125	G2 X20 Y0 I-20 J0	Kružno gibanje u smislu kazaljke na satu
N20	G0 G40 X46	Isključenje korekcije radijusom
N130	G0 G40 X27	Isključenje korekcije radijusom
N25	M17	Kraj potprograma
N135	Z2	
N140	X0 Y0	**05 operacija** – Zakošenje unutarnjeg provrta
N145	Z-1	Početak glodanja unutrašnjeg skošenja
N150	G1 G41 X-12	
N155	G3 X-12 Y0 I12 J0	Kružno gibanje suprotno kazaljci na satu
N160	G0 G40 X0 Y0	
N165	Z60	
M170	M0	
M175	T4 D4	**06 operacija** – glodanje navoja
N180	S2400 F240 M3	
N185	G0 X29 Y0 Z2	Zauzimanje pozicije za navoj – brzi hod
N190	Z 5	

Zaključak

U ovom kratkom tečaju iz programiranja CNC strojeva date su osnovne upute kako pristupiti ovoj problematici i što sve moramo znati da bi uspješno napisali neki program a također i izradili predmet na samom stroju.
Kao što se moglo vidjeti iz udžbenika to nije ni malo lak posao i moramo poznavati dosta funkcija i pojmova a naročito sam stroj i njegove mogućnosti, jer na osnovi stroja izabrat ćemo pravilne i preporučene režime rada, što je vrlo bitno, kako bi sačuvali sam alat i dobili traženu kvalitetu obrade.
Naročitu pozornost treba dati pravilnom izboru alata i izradi kvalitetnog plana rezanja kako bi što brže izvršili obradu, jer je danas ušteda u vremenu temeljni pokazatelj produktivnoti.
No za to treba veliko iskustvo programera i poznavanja tehnologičnosti materijala. Naš cilj je prije svega usmjeriti učenike na pravilno razmišljanje prilikom izrade dokumentacije programiranja. Nijedan program nije dovoljno dobar da nebi mogao biti još bolji.
Za kvalitetno izvođenje vježbi naravno mora se dobro savladati programiranje kao i upravljačka jedinica stroja.
Za stroj možemo ići tek kad smo izvršili simulaciju, popravili eventualne greške, izmjerili alate i položaj nul točke te kad smo izabrali provjerene režime rada, jer to je garancija da nećemo oštetiti stroj i alat.
Uvjet za uspješan rad je potpuno razumijevanje programa!
Puno sreće i zadovoljstva u radu želi vam autor!

Literatura

1. Dokumentacija od proizvođača strojeva EMCO
1.1. Software Description EMCO Win NC SINUMERIK 810D/840D Turning
1.2. Software Description EMCO Win NC SINUMERIK 810D/840D Milling
1.3. Machine Description Emco Consept Turn 55
1.4. Machine Description Emco Mill 55
1.5. Emco Win 3D – View Turning
1.6. Emco Win 3D – View Milling
1.7. CNC programme package Emco Turn 55
1.8. CNC programme package Emco Mill 55
2. Ivo Slade – CNC tokarenje EMCO PC TURN 105 – skripta
3. Ivo Slade - CNC tokarenje EMCO PC MILL 105 – skripta
4. Buckharrt Schneck und Theo Jeske – Numerisch gesteuertes Spanen – Europa Fachbuchreihe 1997.
5. Abramović, Cvjetičanin, Dill, Šurina : Tehnologija obrade numerički upravljanim tokarilicama, Školska knjiga, Zagreb
6. A. Čevra: Obrada metala II
7. Gačnik, Vodenik: Projektiranje tehnoloških procesa, Tehnička knjiga, Zagreb
8. CNC frezanje(glodanje) – PIA d.o.o. Velenje
9. CNC tokarenje – PIA d.o.o. Velenje
10. Tabellenbuch Metall – Europa Fachbuchreihe
11. Prospekti i katalozi NU strojeva i alata raznih prizvođača